



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Gonzales Portocarrero, Frans (Orcid: 0000-0002-3265-7803)

Lozano Rengifo, Alexi Remil (Orcid: 0000-0001-8303-8888)

ASESOR:

Msc Paredes Aguilar. Luis (0000-0002-1375-179X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TARAPOTO – PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis queridos padres Arturo y Anita, quienes con su amor incondicional me guiaron en todo momento por el camino de la educación y la perseverancia. A mi hermano Janz, la persona que más admiro A mi pareja María quien me enseñó que todo es posible, su apoyo moral me enseñó a no rendirme y seguir a delante.

Frans Gonzales Portocarrero.

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres, Remil y Emerlita. quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi capacidad. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar,

Alexi Remil Lozano Rengifo.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarme la vida, tener y disfrutar a mi familia. A la Universidad Cesar Vallejo por abrirme las puertas a sus instalaciones, a los ingenieros y compañeros de la Carrera profesional de Ingeniería civil. No ha sido fácil el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, su bondad y su apoyo logre resultados que se plasman en la siguiente Investigación.

Frans Gonzales Portocarrero

A dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos difíciles y por brindarnos una vida llena de aprendizajes y experiencias. Como también a mis padres, por ser los principales en hacer realidad mis sueños y metas, por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron hacer un profesional de éxito.

Alexi Remil Lozano Rengifo

Índice de Contenido

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN	32
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	51

Índice de Tablas

Tabla 01: Tipos de subrasante	7
Tabla 02: Muestras de la subrasante	13
Tabla 03: Cuadro de técnicas e instrumentos	14
Tabla 04: Descripción de puntos clave de levantamiento Topográfico	16
Tabla 05: Análisis granulométrico por tamizado	18
Tabla 06: Límites de Atterberg de la muestra Natural	19
Tabla 07: Clasificación de Suelos por SUCS y AASHTO	20
Tabla 08: Contenido de Humedad de la muestra Natural	21
Tabla 09: Proctor Modificado de la Muestra Natural	22
Tabla 10: CBR de la muestra Natural	23
Tabla 11: Propiedades Físicas y Mecánicas del Plástico	24
Tabla 12: Proctor Modificado con fibras PET	25
Tabla 13: CBR de muestras con PET VS la muestra natural	26
Tabla 14: Diseño de las muestras con PET VS la muestra natural	27
Tabla 15: APU Obtención de Plástico Fibra Pet	29
Tabla 16: APU Excavación Hasta Nivel De Subrasante	29
Tabla 17: APU Eliminación De Material Excedente	30
Tabla 18: APU Conformación de Subrasante con PET 5 X 0.5 al 4%	30
Tabla 19: APU Perfilado y Compactado	31
Tabla 20: APU Presupuesto General	31

Índice de Graficas

Grafica N°01: Proctor Modificado de la Muestra Natural	22
Grafica N°02: CBR de la muestra Natural	23
Grafica N°03: Proctor Modificado con fibras PET	25
Grafica N°04: CBR de muestras con PET VS la muestra natural	26
Grafica N°05: Curva de Compactación	27

RESUMEN

La presente tesis de investigación pretende mejorar la capacidad de carga en la subrasante con la aplicación de plástico reciclado en el sector Santa Ana del distrito de Zapatero, por el aumento excesivo de desperdicios inorgánicos, de los cuales predominan los plásticos que se desechan a diario como residuos, principalmente las botellas descartables, esta investigación propone una opción eco amigable que busca reemplazar los métodos tradicionales conocidos.

Para demostrar la capacidad de carga del suelo se extrajeron de un punto inicial, medio y final 03 calicatas de 1.5 m en un kilómetro de carretera. El diseño de investigación es experimental porque la adición de plástico reciclado PET en 2%, 4% y 6% tendrá un efecto sobre la capacidad portante que puede variar inesperadamente, debido a los cambios porcentuales ejecutados en la adición de plástico reciclado a la subrasante.

La muestra natural tenía un CBR de 5.9%, una sub rasante con una resistencia inicial pobre que se encuentra entre $3\% \geq \text{CBR} < 6\%$, según el Manual de carreteras. La incorporación de PET al 4% incremento su capacidad de carga a 7.4 % al 95% de MDS. La cual se ubica entre la $6 \geq \text{CBR} < 10$. Siendo esta una subrasante con capacidad de carga regular.

Palabras Clave: Capacidad de carga, Subrasante, PET, Plástico reciclado

ABSTRACT

This research thesis aims to improve the load capacity in the subgrade with the application of recycled plastic in the Santa Ana sector of the Zapatero district, due to the excessive increase of inorganic waste, of which plastics that are discarded daily as waste, mainly disposable bottles, this research proposes an eco-friendly option that seeks to replace known traditional methods.

To demonstrate the load-bearing capacity of the soil, 03 pits of 1.5 m were extracted from an initial, middle and final point in a kilometer of road. The research design is experimental because the addition of 2%, 4% and 6% PET recycled plastic will have an effect on the bearing capacity that may vary.

The natural sample had a CBR of 5.9%, a subgrade with a poor initial resistance that is between $3\% \geq \text{CBR} < 6\%$, according to the Manual of Roads. The incorporation of PET at 4% increased its loading capacity to 7.4% at 95% of MDS. Which is located between $6 \geq \text{CBR} < 10$. This being a subgrade with regular load capacity.

Keywords: Load capacity, Subgrade, PET, Recycled plastic

I. INTRODUCCIÓN

En la realidad problemática, se narra desde el entorno internacional, que en el país de Colombia se producen 27.300 toneladas de desechos, y se dedujo que diariamente una persona produce 1 kilo de basura y de este kilo el 70% es aprovechable. Pero la mayor parte de estos polímeros va con destino a los rellenos sanitarios donde son aglomerados ocupando una gran cantidad de espacio. Al aplicar el 1% de fibras de PET en suelos arenos arcillosos de baja plasticidad. Según los ensayos CBR aumentó su resistencia en un 0.3% de 1.6% a 1.9%. (CARVAJAL, 2019, p.59), en el entorno nacional, En el Perú existen carreteras que se adaptan usando caminos parciales o totales usados para llegar a su destino (HUARIPATA, 2018, p.2), actualmente en la ciudad de Abancay se puede percibir un gran aumento en la generación de desperdicios inorgánicos, de los cuales predominan los plásticos que se desechan a diario como residuos, principalmente las botellas descartables. Esto se reflejó en la manifestación de compañías que se encargan de reciclar y modificar estos residuos Poliméricos, su aplicación en suelos arcillosos con una dosificación de 2% de PRT-PET incremento su capacidad portante de 3.4% a 4.20% a nivel de subrasante. Estos resultados aportaron un recurso innovador para la solución del problema de estabilización de suelos como subrasante, gracias a la agregación de plástico reciclado triturado, adquiridos de las botellas de Polietileno tereftalato. (QUISPE, SAÑAC, 2019, p.111). Mientras tanto, en la ciudad de Chiclayo estos residuos plásticos son separados, sin embargo, no son transformados en la misma ciudad, manifiesta que son despachados con el objetivo de que los residuos de plástico sigan su proceso de transformación y reutilización en las empresas recicladoras en la ciudad establecida. Estas al ser aplicadas en 1.1% su capacidad portante cambia y aumenta en un 120% de su capacidad de carga del terreno natural, verificando de esa manera que al incorporar el Polietileno tereftalato de 1" en esta dosificación, se reforzó su propiedad portante del terreno para ser usada como elemento de subrasante y tolerar el peso o deformaciones del tránsito a las que podría estar propenso

(FLORES, 2019, p.88). En merito a los artículos citados, se va a realizar la presente investigación de mejoramiento de subrasante adicionando fibras de plástico reciclado para mejorar su capacidad de carga de la localidad de Santa Ana. Se tiene la formulación del problema, ¿de qué manera se pretende mejorar la capacidad de carga en la subrasante aplicando plástico reciclado PET al 2%. 4% y 6% en el Sector Santa Ana 2020?, problemas específicos. ¿Cuál es el estudio topográfico del lugar donde se va mejorar la capacidad de carga con adición de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% en el sector Santa Ana?, ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo para mejorar la capacidad de carga de la subrasante en el sector Santa Ana?, ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del plástico reciclado para mejorar la capacidad de carga del Sector Santa Ana?, ¿Cuál será la resistencia de la subrasante con aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% del sector Santa Ana?, ¿Cuál es el diseño óptimo de la mezcla de suelo con la aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% para mejorar la capacidad de carga del sector Santa Ana?, ¿Cuál es el costo de estabilizar la subrasante con plástico reciclado para mejorar la capacidad de carga en el sector Santa Ana? justificación teórica, esta investigación busca una nueva opción para el mejoramiento de suelos arcillosos, en este caso la adición de plástico reciclado, una opción eco amigable que busca reemplazar los métodos tradicionales conocidos. Además de aportar rendimientos positivos a las propiedades más importantes de la subrasante, busca disminuir la contaminación ambiental y visual que los polímeros ocasionan en nuestro entorno, como justificación práctica. Este proyecto busca promover la reutilización de plástico reciclado y aplicarlos en suelos arcillosos en nuestra región. Su presencia incrementará su capacidad portante a nivel de subrasante mejorando así sus características naturales, esto le permitirá resistir los efectos o cargas transmitidos por el tránsito y los cambios volumétricos en distintas condiciones del clima que se presentan. Como se presentan justificación por conveniencia. Este proyecto se está realizando en la localidad de Santa Ana, esta tiene un suelo arcilloso y de alta plasticidad, y en temporada de lluvias no se puede transitar de manera continua, motivo por la

cual se desarrollará la investigación, con el propósito de mejorar la subrasante, cuya mejora aumentará la viabilidad por esa zona. Como justificación social, esta investigación se está realizando con el objetivo de mejorar la Sub rasante de un suelo arcilloso, mediante la implementación de plásticos reciclados para mejorar la capacidad portante en el sector Santa Ana del distrito de Zapatero. Con la finalidad de restablecer el tránsito de vehículos comerciales que circulan por esa zona, Como justificación metodológica, Este proyecto de investigación utilizará equipos para el levantamiento topográfico, el ambiente del laboratorio de suelos de la UCV, donde se llevaran a cabo los ensayos respectivos para determinar la resistencia de la combinación de la subrasante con adición de plástico reciclado, objetivo general, determinar la manera de mejorar la capacidad de carga en la subrasante con la aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% en el sector Santa Ana 2020. objetivos específicos, Determinar la topografía del lugar donde se va mejorar la capacidad de carga con adición de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% en el sector Santa Ana, Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para mejorar la capacidad de carga de la subrasante en el sector Santa Ana, Determinar las propiedades físicas y mecánicas del plástico reciclado para mejorar la capacidad de carga del Sector Santa Ana, Determinar la resistencia de la subrasante con aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% del sector Santa Ana, Determinar el diseño óptimo de la mezcla de suelo con la aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% para mejorar la capacidad de carga del sector Santa Ana, Determinar el costo de estabilizar la subrasante con plástico reciclado para mejorar la capacidad de carga en el sector Santa Ana. Hipótesis general, con la aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% se mejorará la capacidad de carga en la subrasante, en el sector Santa Ana 2020. Hipótesis específicas, Con el conocimiento de la topografía se mejorará la capacidad de carga con adición de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% en el sector Santa Ana, Con el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo se mejorará la capacidad de carga de la subrasante en el sector Santa Ana, Con el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas del plástico reciclado se mejorará la capacidad de carga del

sector Santa Ana, Con el conocimiento de la resistencia se mejorará la capacidad de carga de la subrasante con aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% del sector Santa Ana, Con el conocimiento del diseño óptimo de la mezcla de suelo y la aplicación de plástico reciclado al 2%. 4% y 6% se mejorará la capacidad de carga del sector Santa Ana, Con la adición de plástico al 2%. 4% y 6% se mejorará la capacidad de carga y se determinará el costo de estabilizar la subrasante en el sector Santa Ana.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales. según: LÓPEZ, José. *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado realizado*. (tesis de pregrado). Escuela de Ingeniería de Antioquia. Colombia. (2013). Concluye que, al agregar plástico reciclado triturado, obtenido de las botellas de polietileno tereftalato influye significativamente en el mejoramiento de suelo, esto obedece al tipo de suelo según su estructura y porcentaje con el que es añadido al suelo, según el autor se mejoraron considerablemente sus bondades físicas mecánicas del suelo con porcentajes ideales entre 0.21 y 1.99%. Según: SHERWELL, Guillermo. *Estudio del uso de Polietileno Tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras térreas conformadas por suelo fino*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. (2014). Concluye que: Los suelos con composición limosa y la adición de fibras de polietileno tereftalato como estabilizante, puede ser empleado en lugares o zonas donde se contemplen desmoronamientos notables, añade que no se necesitan grandes capacidades de carga y lo que se busca es tener un suelo estable e impermeable. Como antecedentes nacionales. Según: GIL, Erick y NUÑEZ, Ingrid. *Influencia de la Adición de Fibras de Pet Reciclado Sobre la Resistencia, Cohesión Y Ángulo de Fricción Interna de Suelos Arcillosos Aplicado a la Estabilidad de Taludes* (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Trujillo. Perú. (2018). Concluye que: la incorporación de tiras de polímero PET reciclado con una adición óptima de 0.6% contribuye beneficiosamente en el aumento sucesivo de sus resultados, que son reflejados en el mejoramiento de sus propiedades más influyentes; de

modo que teóricamente, se puede incrementar hasta 24.65% la consistencia de terrenos viales. Según: LINARES Roiser. *Estabilización de Suelos Arcillosos a Nivel de Subrasante con Adición de Bolsas de Polietileno Fundido*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas. (2019). Concluye que: La incorporación de bolsas recicladas fundidas en proporciones de 4%, 8% y 12% influyó en su capacidad de carga del suelo de estudio. Al añadir 12% de las bolsas recicladas el CBR varía 9.8% a 10.3% lo cual indica que la subrasante es regular o buena. En pocas palabras, se pudo mejorar el suelo de estudio según teorías citadas del manual de carreteras del ministerio de transporte, que ayudaron a definir un diseño óptimo de aplicación de 12% de bolsas de plástico. Según CASTILLO, Edwin y SAUCEDO, Yeremmi. *Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores Alto* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Ancash. (2019). Concluye que: La incorporación de material PET en 3%, aumenta su capacidad de carga a un 14.88% lo cual mejora una Subrasante Regular a una Subrasante Buena. Pero ocurre lo contrario cuando se le añade el 6% de PET su Capacidad de carga disminuye considerablemente a un 2.93% ubicándolo en una Subrasante Inadecuada, lo mismo ocurre al añadir el 9% de PET su Capacidad de Soporte disminuye a 1.16%, por lo tanto, concluimos que al añadir mayor material de PET afecta de manera considerable su propiedad mecánica. Temas relacionados al tema. Con respecto a la variable independiente. Estudio Topográfico. TORRES Álvaro, VILLATE Eduardo (2000) Establecen que es el arte de medir extensiones de tierra, con el fin de obtener datos necesarios sobre el terreno y mediante primordiales formulas y métodos de matemática, se pueden determinar distancias horizontales y verticales, coordenadas y otras características del terreno, según el caso de estudio. Este proceso que determina la distancia correlativa de los puntos se conoce como levantamiento topográfico. Que comprende de dos fases fundamentales. El trabajo de campo, que es la compilación de información de la localización de los puntos y el trabajo de oficina, que comprende el cálculo matemático (p.17). Propiedades físicas del

suelo. AGUIRRE Víctor, YEPEZ Silvana (2019), mencionan que gracias a esta propiedad que poseen los suelos, es más factible identificarlo y clasificarlo dentro de una extensa variedad de probabilidades que existen en nuestro entorno. Para identificarlos dependen, del tipo de suelo, la densidad, índice de humedad, porosidad, índice de vacíos, textura, permeabilidad, capilaridad, retracción y expansión (p.14). Propiedades mecánicas del suelo AGUIRRE Víctor, YEPEZ Silvana (2019), indica que esta propiedad se logra determinar bajo aplicaciones de fuerzas externas (cargas o descargas) y cuya función cumple un rol muy importante en su capacidad de carga. (p.15). Principales tipos de suelo. Según SANZ Juan (1975), estas son Arenas y gravas, son de característica árida sin cohesión, constituido por fracciones de rocas o minerales, de forma ovalada o aristado. Limos, son de característica fina, cuya plasticidad es baja o nula. De acuerdo a su composición, esta puede estar formado por minerales o partículas orgánicas, Arcillas, están constituidas por fracciones microscópicas congruentes, cuyo origen es de la alteración química que sufren las rocas o algunos minerales. Son de aspecto duro cuando están secos, si el contenido de agua supera ciertos límites alcanza cierto nivel de plasticidad (p.14). Según la NORMA NTP 339.134 las gravas atraviesan el tamiz de 3 pulg. (75 mm) y son detenidas en el tamiz N° 4 (4.75 mm), las arena atraviesan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son detenidas en el tamiz estándar N° 200 (75- μ m), los Limos, atraviesan el tamiz estándar N° 200 (75- μ m), su nivel plástico es variable y su posición en el gráfico de índice plástico - limite liquido está por abajo la línea "A" y las arcillas atraviesan el tamiz estándar N° 200 (75- μ m), su nivel plástico varia mayor o igual a 4, y su posición en el gráfico de clasificación de suelos está en o sobre la línea "A". (p.4-5). Estabilización del suelo para la construcción, según el Laboratorio Road Research (1963), lo menciona como "un proceso que pretende mantener o mejorar el comportamiento del suelo como material de construcción, generalmente mediante el empleo de aditivos", (p.256). Estabilización mecánica, HIGUERA Carlos [et all.] (2012), destaca que mejora las condiciones mecánicas del suelo y particularmente su densidad, aumenta su resistencia y la capacidad de carga,

se podría decir también que ayuda a disminuir su compresibilidad y aptitud para absorber agua, todo esto mediante el procedimiento de compactación. (p.24). Estabilización con cal, FERNÁNDEZ Rafael (2007), menciona que en la estabilización de suelos las cales empleadas no deben presentar propiedades hidráulicas al estar en contacto con el agua, debe también endurecerse lentamente en el aire por acción del dióxido de carbono. Las que más cumplen estos criterios son cales aéreas (p.4) Estabilización química, JUNCO Juan (2011) alude que el uso de elementos químicos disminuye su plasticidad y fortalece más su resistencia, ante la actividad de fuerzas externas. En general este método aumenta en la subrasante la capacidad portante sin deformarse, en temporadas de lluvia reduce la pérdida de capa de rodadura por erosión (p.3) subrasante, Según SANDOVAL Eimar, RIVERA William (2019), menciona que el suelo en su forma natural puede ser empleado como subrasante (p.137) SINGH Meenakshi [et all.] (2019) infiere que al mejorar el rendimiento de la subrasante puede facilitar la compactación, disminuye el espesor de la capa de agregado, y extiende la vida útil de las carreteras sin pavimentar (p.55) Consideraciones para el diseño de la subrasante, según el MTC establece que se los suelos pueden ser empleados como subrasante, aquellos que poseen un CBR igual o mayor de 6%. Si está por debajo, se iniciará a desechar esa parte de material inapropiado y se distribuirá un componente granuloso con resultados más adecuado para su mejoramiento. (p.130).

Tabla 01: *Tipos de subrasante*

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante muy pobre	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	CBR ≥ 20%

Fuente: Manual de carreteras MTC/18

Tipos de plástico y sus aplicaciones. Según la NOAA's National Ocean Service (2020), presenta los tipos comunes de plástico: PET (Polietileno terftalato) presente en recipientes de H₂O, PES (Poliéster) presente en vestidos, LDPE (Polietileno de baja densidad) presente en recipientes de plástico, HDPE (Polietileno de alta densidad) presente en recipientes de detergente, PVC (Policloruro de vinilo) presente en tuberías, PP (Polipropileno) presente en tapas de botellas, PA (Poliamida) presente en productos dentales, PS (Poliestireno) presente en envases de Tecnopor. El Polietileno terftalato en la ingeniería civil, BOTERO Eduardo [et all.] (2014), destaca que actualmente el PET está siendo empleado en la manufactura de elementos geo sintéticos, con un proceso de fundición, filtración y extracción, obteniendo de esta manera hilos de apariencia llana, con características de resistencia y baja permeabilidad, con las que se realizan geotextiles de tipo no tejido y geomallas para diferentes proyectos. En otras palabras, este polímero transformado en forma de hilos, es usado como un elemento que mejora la resistencia en concretos y pavimentos. (p.209). SERRANO Erika, PADILLA (2019), menciona que la industria de la construcción consume bastante los productos poliméricos, y su mercado aumenta anualmente. Su estudio está basado en el mejoramiento de la subrasante con cemento con refuerzo de Fibras de polipropileno monofilamento. (p.12) Propiedades mecánicas de los plásticos. LÓPEZ Francisco (2004), Resalta que estas dependen de su comportamiento frente a ciertos procesos mecánicos, los plásticos con mayor grado de cristalinidad, resistencia y dureza. Poseen una mayor resistencia mecánica; mientras que los plásticos como las bolsas y otros polímeros con muy baja resistencia mecánica, tienen características opuestas. (p.49). Absorción de humedad del plástico, el IMPI (1997) alude que esta propiedad depende del valor de polaridad que posee cada plástico, entre ellos tenemos los plásticos no polares con grado de absorción baja y los polares con grado de absorción muy elevada. (p.16). Ventajas del mejoramiento de suelos mediante la adición de fibras PET, VETTERELO Paula, CLARIÁ Juan (2014). a) La compactación del terreno afianzado con hilos PET puede realizarse mediante los métodos convencionales de compactación, sin riesgo de afectar

las fibras. La adición de estos hilos puede llevarse a cabo mediante equipos tradicionales de construcción. b) el mejoramiento con hilos PET no se encuentra afectada por las circunstancias ambientales. A diferencia de muchos métodos mejoramiento, como la incorporación de cemento o cal. c) Es altamente competitivo, por ser un método eco amigable que emplea recursos de muy bajo precio (p.32) Limitaciones de su aplicación A. Adesina, P.O. Awoyera (2020) La amplia composición de algunos tipos de plásticos hace que los procedimientos de reciclaje convencionales no sean adecuados para su reutilización, lo que provoca que estos plásticos se depositen como residuos y terminen en áreas como el medio marino. Actualmente no existe un estándar que respalde el uso de plástico reciclado para aplicaciones en la construcción. Se han llevado a cabo estudios exhaustivos sobre su aplicación en la construcción, pero estas aplicaciones aún no están bien estandarizadas comercialmente (p.8). Proceso del PET reciclado, MARTINEZ Gonzalo [et all.] (2015), el proceso de reciclaje consiste tradicionalmente en transformar las botellas usadas en monómeros o fibras. Para ello son recopiladas. Posteriormente estas son cortadas en tiras de 5cm de largo x 5mm de ancho (se utiliza únicamente el cuerpo de la botella descartando el cuello y la base) (p.112), BELAY Rebecca [et all.] (2020), menciona que las tiras de plástico PET actuaran como un agente físico de esta manera se disminuirá el potencial de hinchamiento de la subrasante. Según sus estudios, no existe una unión química entre el suelo y la fibra. En otras palabras, la reducción de la hinchazón es el único efecto de la interacción física entre el suelo y el plástico (p.63) Con respecto a la variable dependiente, factores que intervienen en la Capacidad de carga. KRAEMER Carlos [et all.] (2004), establece los siguientes factores, a) la resistencia al esfuerzo cortante, que dependen a su vez de densidad alcanzada. b) su contenido de humedad en cada momento. Los suelos cargados tienen una capacidad portante inferior a los suelos no cargados, por lo que se concluye que a mayor contenido de humedad el suelo presenta una menor capacidad de soporte. (p.68). Ensayo de penetración estándar, Según la NORMA NTP 339.133 este método es utilizado extensamente en una variedad de proyectos

de exploración geotécnica cuyo objetivo es conocer la resistencia del suelo y su capacidad de deformarse. Enfoques conceptuales. Sub rasante, es la parte superior del suelo o el asiento de las excavaciones en un suelo natural, que tiene como fin sostener la estructura del pavimento, y está formada por suelos destacados de propiedades aceptables y compactadas por estratos para cimentar un proyecto duradero en óptimo estado. MANUAL DE CARRETERAS MTC. (p.24). Plástico, es un grupo de materiales sintéticos cuya estructura consiste de cadenas moleculares con un alto contenido de carbono, ya sea como elemento único o principal. OJEDA Sara [et all.] (2018). (p.23). Reciclaje, es el proceso de recuperación de materiales plásticos ya empleados, con el objetivo de disminuir su impacto en el ambiente y de minimizar el consumo de energía indispensable para la elaboración de nuevas manufacturas al público. RUBIANO José [et all.]. (2011) (p.54). Resistencia al corte del suelo. es el resultado de la fricción entre las partículas del suelo. Capacidad de carga. se define geotécnicamente como la capacidad del suelo para soportarlas cargas aplicadas al suelo sin causar fallas. VARGHESE Jasmín [et all.]. (2016) (p.484). Diseño óptimo. se planifica para responder a algún criterio de optimalidad, que se desarrolla tratando de ganar la máxima información sobre la intensidad del análisis futuro de los datos, en otras palabras, se intenta diseñar para alcanzar la inferencia estadística más precisa posible con el mínimo coste RODRIGUEZ Carmelo, ORTIZ Isabel (1999). (p.14). El porcentaje de plástico no debe exceder el 5%. A este nivel los beneficios de refuerzo aumentan hasta cierto punto, luego declina y disminuye su fuerza, por este motivo debe usarse en la proporción optima. HAMID Anzar (2017) (p.110).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada, ya que se propone mejorar la capacidad portante de la subrasante con la aplicación de plástico reciclado, se consideró como diseño de investigación experimental, porque el efecto sobre la capacidad portante puede variar inesperadamente de acuerdo a los valores adquiridos, por los cambios porcentuales ejecutados en la adición de plástico reciclado a la subrasante.

$$D: \quad M - Y - X$$

Donde:

M: Muestra de la subrasante

Y: Adición de plástico reciclado

X: Capacidad de carga

A continuación, se presenta, la descripción del diseño experimental para la subrasante:

GC₍₁₎: M₁ (Prueba Piloto)

GE₍₂₎: M₂ - Y₂ (2%)

GE₍₃₎: M₃ - Y₃ (4%)

GE₍₄₎: M₄ - Y₄ (6%)

Donde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo de control (Subrasante sin adición de plástico reciclado)

Y₁: (subrasante con adición al 2% de plástico reciclado)

Y₂: (subrasante con adición al 4% de plástico reciclado)

Y₃: (subrasante con adición al 6% de plástico reciclado)

3.2. Variables y operacionalización

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente Diseño de una subrasante con aplicación de plástico reciclado	La subrasante, es la parte superior del suelo o el asiento de las excavaciones en un suelo natural, que tiene como fin sostener la estructura del pavimento MANUAL DE CARRETERAS MTC.	La subrasante usada como muestra se recolectará de calicatas de la carretera del sector Santa Ana	Características topográficas	Perfil del suelo	Razón
			Propiedades físicas del suelo	Granulometría Humedad Límites de Atterberg	Intervalo
			Propiedades mecánicas del suelo	Proctor modificado Capacidad de carga	Intervalo
Variable dependiente Mejoramiento de la capacidad de carga	Plástico, es un grupo de materiales sintéticos cuya estructura consiste de cadenas moleculares con un alto contenido de carbono, ya sea como elemento único o principal. OJEDA Sara [et all.] (2018)	El plástico reciclado usado será de botellas de bebidas en forma proporcional a la muestra del suelo en 2%, 4% y 6%	Propiedades Físicas del plástico	Absorción de humedad Dureza Permeabilidad	Intervalo
			Propiedades mecánicas	Resistencia a la tensión Resistencia a la compresión	Intervalo
			Resistencia	CBR	Intervalo
		Para mejorar las condiciones de la subrasante se adicionará plástico reciclado que aumentará su capacidad portante.	Economía	Presupuesto	Intervalo
			Diseño optimo	Adición de PET en 2%, 4% y 6%	Intervalo

Fuente: Elaboración de los tesisistas

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

En el siguiente proyecto de investigación, se tomó como población la carretera de 5 kilómetros hacia el sector Santa Ana. En el distrito de Zapatero.

Muestra

Para la obtención de las muestras específicas de la sub rasante que permita el progreso de esta investigación, según el Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos infiere que para Carreteras de Tercera Clase se realice 2 calicatas de 1.5 m de profundidad por kilómetro. Lo cual corresponde al punto de investigación. Para mayor detalle se realizaron 03 calicatas de investigación.

Tabla 02: *Muestras de la subrasante*

Progresiva (Km)	Calicatas	Profundidad (m)	Referencia
0 + 000	C - 01	1.5	Tramo Inicial
0 + 500	C - 02	1.5	Tramo Medio
1 + 000	C - 03	1.5	Tramo Final

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnica

Según VILLAREAL (2000) “es el conjunto de procedimientos utilizado para la recolección de información disponible que, manejado con sensatez e imaginación, permite la necesaria correspondencia entre la teoría y la práctica” (p.17).

Para este proyecto, la recolección de datos se llevará a cabo por medio de la observación, basado en el manual de carreteras Sección Suelos y Pavimentos MC-14. Realizando los ensayos respectivos a las 03 calicatas y determinar si la

capacidad de carga es el óptimo con la adición de plástico reciclado al, 2%, 4% y 6%.

Instrumento

Los instrumentos que se usaran en este proyecto son los registros de las calicatas, registro de las propiedades físicas y mecánicas del plástico reciclado y registro de los ensayos respectivos, según el formato que posee el laboratorio de suelos y pavimentos Proyectos & Servicios Generales J.R S.A.C. ubicada en la Av. Circunvalación Nro. 2332.

Tabla 03: *Cuadro de técnicas e instrumentos*

Técnica	Instrumento	Fuente
Ensayo de clasificación de suelos	Ficha de Registro	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Ensayo de contenido de humedad	Ficha de Registro	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Ensayo de Limites de Atterberg	Ficha de Registro	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Ensayo de las propiedades físicas el plástico	Ficha de Registro	ASTM D570, ASTM D6869, NTP 311.253
Ensayo de las propiedades mecánicas del plástico	Ficha de Registro	ASTM E398, ASTM D638, ASTM D695
Ensayo de Proctor Modificado	Ficha de Registro	NTP 339.141 (ASTM D-1557)
Ensayo de la capacidad de carga	Ficha de Registro	NTP 339. 145 (ASTM D-1883)

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Validez y Confiabilidad

Validez

Para este proyecto, se ha utilizado los equipos e instrumentos del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos Proyectos & Servicios Generales J.R S.A.C, los cuales están perfectamente calibrados y certificados, de este modo se podrán obtener datos más exactos durante la investigación.

Confiabilidad

Para este proyecto se empleará el método de formas alternativas o paralelas, el cual consiste en usar un formato de registro que son similares en contenido, instrucciones, duración y otras características. Pero específico para cada ensayo respectivo que se llevara a cabo a la muestra determinada para luego comparar los resultados.

3.5. Procedimientos

Las propiedades físicas del suelo, para la evaluación de estas características, se obtendrá a base de estudios desarrollados en el laboratorio de mecánica de suelos. En base al ensayo MTC E 107 (NTP 339.134) “Ensayo de clasificación de suelos con propósito de ingeniería”. Según el ensayo MTC E 108 (NTP 339.127) “Ensayo de contenido de humedad”. Según los ensayos MTC E 110, 111 (NTP 339.129) “Ensayo de Limites de Atterberg”.

Las propiedades mecánicas del suelo, para la evaluación de estas características, se obtendrá a base de estudios desarrollados en el laboratorio de mecánica de suelos según el ensayo MTC E 115 (NTP 339. 141) “Ensayo de Proctor Estandar” y el ensayo MTC E 132 (NTP 339. 145) “Ensayo de CBR”.

Las propiedades físicas y mecánicas el plástico, se obtendrán mediante los parámetros establecidos en las normas ASTM E398, ASTM D638, ASTM D695, NTP 339.141.

3.6. Método de Análisis de Datos

Los datos obtenidos del lugar de estudios serán procesados mediante cálculos, gráficos, formulas y programas informáticos como el Excel, con el objetivo de brindar una secuencia de los ensayos más presentable y ordenada.

3.7. Aspectos éticos

Este proyecto de investigación se llevará a cabo con total dedicación y responsabilidad, respetando la legitimidad y veracidad de los resultados, la certeza de los ensayos determinados en el laboratorio constituido de acuerdo a normas.

IV. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

Esta descripción se realizó al perfil longitudinal de la carretera mencionando el tramo y la pendiente cada 100 metros de progresiva a progresiva.

Tabla N°04: Descripción de puntos clave de levantamiento Topográfico

TRAMO	DESCRIPCION	PROGRESIVA
Tramo 01	Terreno plano tipo 1	0+000
	Tiene una pendiente de 10.88 % transversal al eje de la carretera.	0+100
Tramo 02	Terreno plano tipo 1	0+100
	Tiene una pendiente de 9.94 % transversal al eje de la carretera.	0+200
Tramo 03	Terreno plano tipo 1	0+200
	Tiene una pendiente de 10.37 % transversal al eje de la carretera.	0+300
Tramo 04	Terreno plano tipo 1	0+300
	Tiene una pendiente de 1.60 % transversal al eje de la carretera.	0+400
Tramo 05	Terreno plano tipo 1	0+400
	Tiene una pendiente de -2.60 % transversal al eje de la carretera.	0+500
Tramo 06	Terreno plano tipo 1	0+500
	Tiene una pendiente de -7.60 % transversal al eje de la carretera.	0+600

TRAMO	DESCRIPCION	PROGRESIVA
	Terreno ondulado tipo 2	
Tramo 07	Tiene una pendiente de - 17.06 % transversal al eje de la carretera.	0+600
		0+700
	Terreno plano tipo 1	
Tramo 08	Tiene una pendiente de - 5.50 % transversal al eje de la carretera.	0+700
		0+800
	Terreno plano tipo 1	
Tramo 09	Tiene una pendiente de - 4.21 % transversal al eje de la carretera.	0+800
		0+900

Fuente: Elaboración propia de los tesisas

Interpretación

Según nuestro levantamiento Topográfico, la Localidad de Santa Ana cuenta con un terreno plano, tiene pendientes transversales al eje de la carretera, inferior o equivalente al 10%, según esta orografía no necesita mucho movimiento de tierras, en el tramo 04 y 05 que es el inicio del declive longitudinal se observa una pendiente menor de (3%) en el tramo 07 se observa un terreno ondulado transversal al eje de la carretera entre 11% y 50% aquí se necesitara un controlado movimiento de tierras, en los tramos 08 y 09 se continua observando un terreno plano ya que es tas pendientes no pasan del 10% y el movimiento de tierras es mínimo.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Análisis granulométrico por tamizado

Para determinar la clasificación tomamos 500 gr de cada muestra y lo pasamos por las mallas respectivas, mostrando la siguiente distribución de las partículas encontradas en las muestras de suelo.

Tabla N°05: Análisis granulométrico por tamizado

Mallas		% Que Pasa		
Tamiz	mm	C - 01	C - 02	C - 03
1/4"	6.350	100	100	100
Nº 4	4.760	100	100	100
Nº 6	3.360			
Nº 8	2.380			
Nº 10	2.000	98.2	96.3	98.2
Nº 16	1.190			
Nº 20	0.840			
Nº 30	0.590			
Nº 40	0.420	95.4	91.5	94.5
Nº 50	0.297			
Nº 80	0.177			
Nº 100	0.149	90.2	86.9	88.8
Nº 200	0.074	86.8	83.7	82.9

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación

En la Tabla N°06, se observa que en la C-01 encontramos un 0.00% de Grava y el 86.8% pasa la malla N°200, en la C-02 encontramos un 0.00% de Grava y el 83.7% pasa la malla N°200, y en la C-03 encontramos un 0.00% de Grava y el 82.9% pasa la malla N°200. lo que indica que en las 03 muestras existe mayor contenido de finos.

Límites de Atterberg

Para determinar este ensayo tomamos 500 gr de cada muestra y lo mezclamos con cierta cantidad de agua. De acuerdo a lo requerido, con el fin de comprobar si es un material no plástico y cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso con la ayuda del instrumento de Casagrande.

Tabla N°06: Límites de Atterberg de la muestra Natural

Progresiva (km)	Calicata	L.L	L.P	I.P
0 + 000	C – 01	39.1	21.1	18.0
0 + 500	C – 02	40.4	21.0	19.4
1 + 000	C - 03	39.7	21.0	18.7

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación.

En la Tabla N°07, podemos observar que las muestras de suelo de las 03 calicatas analizadas presentan Arcilla inorgánica de mediana a baja plasticidad, de acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Especificaciones Técnicas Generales para construcción, podemos deducir que de acuerdo a los valores de Limite Liquido (40.4) e Índice de Plasticidad (19.4) la ruta más crítica se encuentra en la progresiva 0+500; por ser una carretera uniforme, los datos obtenidos de la calicata C-02 será considerada como muestra universal de esta investigación.

Clasificación de Suelos

Para determinar la clasificación nos guiamos de las tablas y normas según SUCS y AASHTO, mostrando la siguiente distribución de las partículas encontradas en las muestras de suelo según estos sistemas.

Tabla N°07: Clasificación de Suelos por SUCS y AASHTO

Progresiva (km)	Calicata	Clasificación	
		SUCS	AASHTO
0 + 000	C – 01	CL - Arcilla inorgánica de mediana a baja plasticidad. Color marrón	A - 6 (11)
0 + 500	C – 02	CL - Arcilla inorgánica de mediana a baja plasticidad. Color beige oscuro con manchas plomizas y amarillentas	A - 6 (11)
1 + 000	C - 03	CL - Arcilla inorgánica de mediana a baja plasticidad. Color marrón oscuro	A - 6 (11)

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación

En la Tabla N°08, podemos observar que las 03 muestras indican mayor contenido de finos, por lo tanto, según el sistema SUCS estamos ante un suelo arcilloso inorgánico de mediana a baja plasticidad. Y según el sistema AASHTO este es un suelo tipo A-6 (11), cuya única diferencia es un color característico para cada muestra.

Humedad Natural

La determinación del contenido de humedad nos ayudara a conocer la cantidad de agua presente en las muestras; estos resultados nos guiaran a una aproximación al contenido óptimo de humedad que debe tener el suelo. Necesario para una compactación exitosa. De esta manera obtuvimos:

Tabla N°08: Contenido de Humedad de la muestra Natural

Progresiva (km)	Calicata	(W%)
0 + 000	C – 01	16.45
0 + 500	C – 02	16.96
1 + 000	C - 03	15.37

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación.

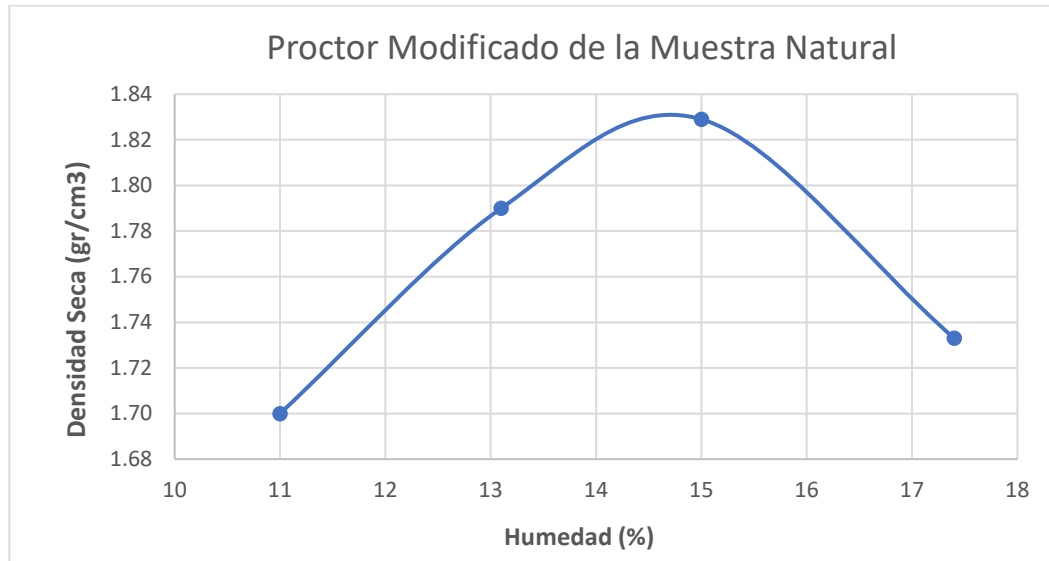
En la Tabla N°09, podemos observar, el resultado del contenido de humedad que posee la sub rasante de las 03 calicatas realizadas en la carretera en estudio, entre ellas. La muestra de estudio C-02, tiene un alto contenido de humedad de 16.96%, este dato nos servirá de antecedente para diferenciarlo posteriormente con el contenido óptimo de humedad del suelo que se obtenga.

PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO

Proctor Modificado

Se determinó la relación entre contenido de humedad y la densidad seca para después obtener la resistencia inicial de la muestra de suelo con el objetivo de determinar la máxima densidad seca para un óptimo contenido de humedad.

Gráfico N°01: Proctor Estándar de la Muestra Natural



Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Tabla N°09: Proctor Modificado de la Muestra Natural

Progresiva (km)	Calicata	M.D.S	O.C.H
0 + 500	C - 02	1.829	15.0

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

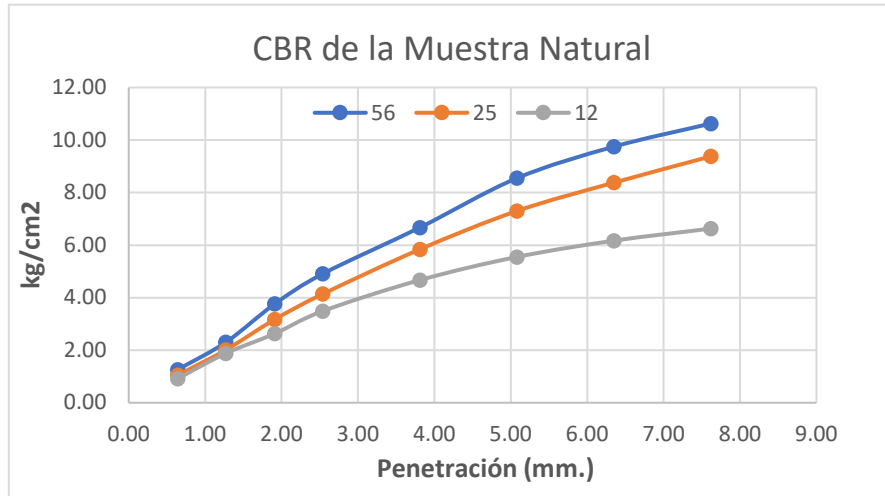
Interpretación.

En la Tabla N°10, podemos observar, la curva de densidad seca vs contenido de humedad que la muestra natural manifiesta y según el Proctor Modificado tenemos una máxima densidad seca de 1.829 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad del 15.0%.

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

Se realizó el ensayo de CBR a la calicata C-02, por ser el espécimen más inestable. Esto nos permitió verificar la resistencia inicial que poseía la muestra natural.

Grafica N°02: CBR de la muestra Natural



Fuente: Elaboración propia de los tesistas

Tabla N°10: CBR de la muestra Natural

Progresiva (Km)	Calicata	O.C.H	95% M.D. S	CBR
0 + 500	C - 02	15.0%	1.738 gr/cm ³	5.9%

Fuente: Elaboración propia de los tesistas

Interpretación

En la Tabla N°11, se puede observar que la muestra de la C-02 está con un CBR de 5.9% categorizada como una sub rasante pobre con $3\% \geq \text{CBR} < 6\%$ por la cual requiere de mejoramiento para ser utilizada por lo que resulta conveniente para nuestro estudio, con la incorporación de plástico reciclado PET en sus diferentes porcentajes se logrará incrementar este valor de CBR.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL PLÁSTICO

Se realizó los ensayos respectivos a 10 Envases PET - bebida carbonatada de 500ml y determinar su propiedades físicas y mecánicas. En base hace inferir y deducir el aporte que este brindara a nuestro suelo natural. Mejorándolo de manera considerable.

Tabla N°11: Propiedades Físicas y Mecánicas del Plástico

	PROPIEDADES	METODO	UNIDAD	RESULTADOS
Físicas	Absorción de Agua	ASTM D570	%	0.1
	Humedad	ASTM D6869	%	1.04
	Dureza	NTP 311.253	--	96
	Permeabilidad	ASTM E398	g/m ² .24h	<0,05
Mecánicas	Resistencia a la Tracción	ASTM D638	MPa	123,41
	Resistencia a la Compresión	ASTM D695	N	273.61

Fuente: Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. Slab.

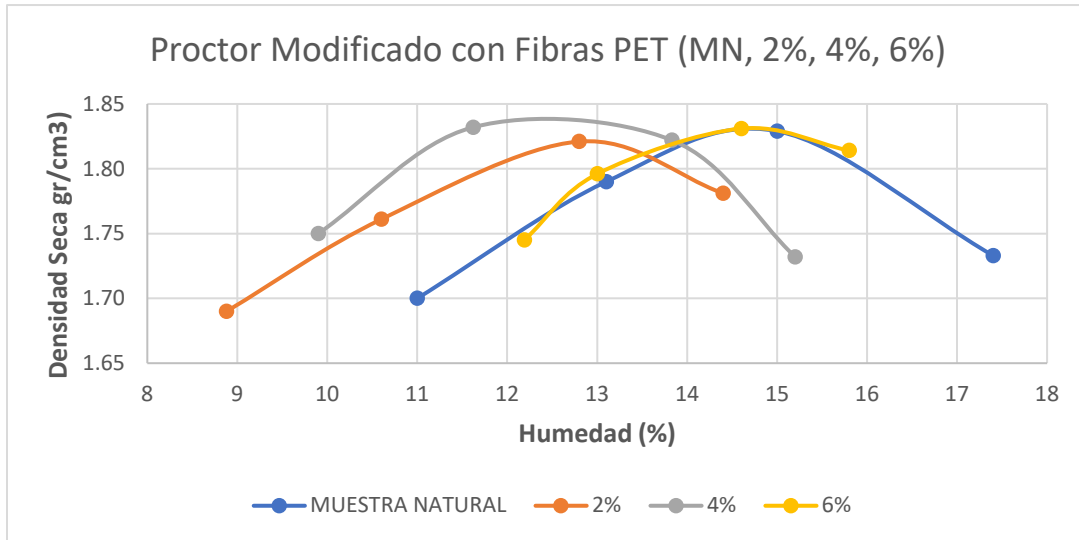
Interpretación.

Según la tabla N°05, en las propiedades físicas: se muestra la cantidad de agua que el PET tiende a retener, después de estar en contacto continuo con un ambiente húmedo y el porcentaje de humedad en sí que el PET posee, con respecto a su dureza. Está en una escala de medida numérica de 0 a 100. Cuan mayor sea el número, mayor será la dureza. Entre las propiedades mecánicas, el plástico tiene una buena resistencia al vapor de agua por ser un recipiente de bebida carbonatada. Su resistencia a la compresión aportara mayor resistencia porque manifiesta una considerable capacidad de carga debido al espesor de sus paredes, lo cual demuestra una mayor rigidez respecto a los otros plásticos destinados a almacenar agua.

RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE CON APLICACIÓN DE PLÁSTICO PET DE 05x5 cm Al 2%, 4% Y 6%

Proctor Modificado con adición de plástico PET al 2%, 4% y 6%

Grafica N°03: Proctor Modificado con fibras PET



Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Tabla N°12: Proctor Modificado con fibras PET

Muestras	O.C.H	M.D. S
Natural	15%	1.829 gr/cm ³
2%	12.8%	1.821 gr/cm ³
4%	12.7%	1.846 gr/cm ³
6%	14.6%	1.831 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación

En la Tabla N°12, podemos observar la relación entre contenido de humedad y la densidad seca de la muestra natural y la diferencia que hay con la adición de plástico reciclado PET en 2%, 4% y 6%. Valores que nos ayudaran después para obtener la resistencia de la muestra del suelo con el objetivo de determinar la máxima densidad seca para un óptimo contenido de humedad.

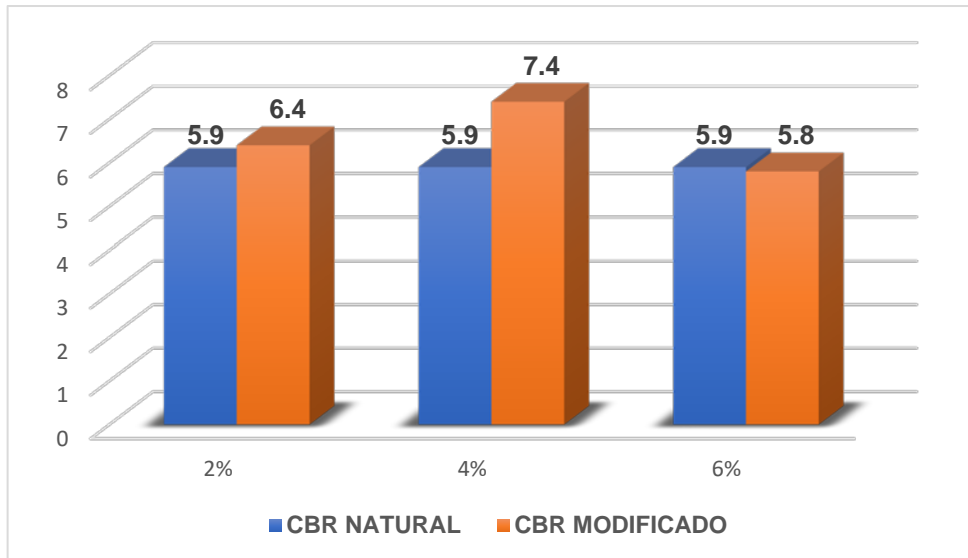
Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) con adición de plástico PET de 0.5x5 cm al 2%, 4% y 6%

Tabla N°13: CBR de muestras con PET VS la muestra natural

Muestra	CBR		Porcentaje
	95%MDS	100%MDS	
Natural	5.9%	7.0%	100%
2%	6.4%	8.5%	109%
4%	7.4%	10.2%	125%
6%	5.8%	7.4%	98%

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Grafica N°04: CBR de muestras con PET VS la muestra natural



Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación

En la Tabla se puede observar que la muestra con adición de PET al 4% es la que más porcentaje de resistencia muestra, con un valor de 7.4 % al 95% de MDS. La cual se ubica entre la $6 \geq \text{CBR} < 10$. Siendo esta una subrasante regular. A diferencia de la muestra con adición de PET al 6% la cual decae con una resistencia de 5.8% muy por debajo de la muestra natural.

**DISEÑO OPTIMO DE LA MUESTRA CON ADICION DE PLASTICO PET
DE 0.5x5 cm AL 2%, 4% y 6%**

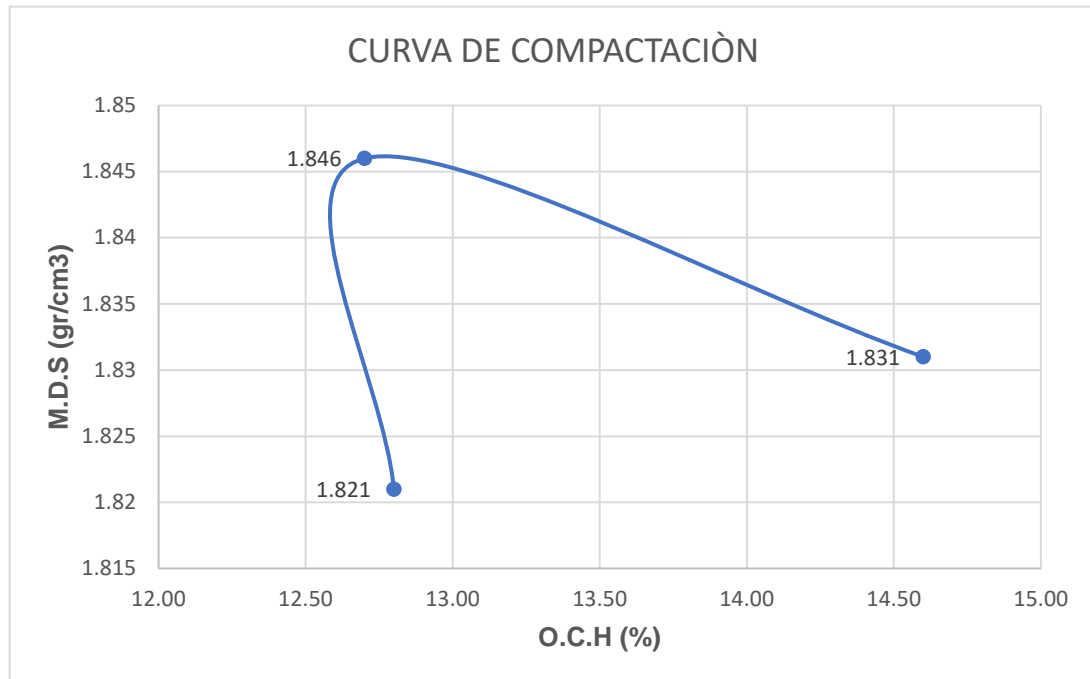
En la siguiente tabla se expresa el contenido óptimo de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS). De las muestras con aplicación de plástico reciclado PET.

Tabla N°14: Diseño de las muestras con PET VS la muestra natural

Muestras	O.C.H	100% M.D. S	CBR
2%	12.8%	1.821 gr/cm ³	6.4%
4%	12.7%	1.846 gr/cm ³	7.4%
6%	14.6%	1.831 gr/cm ³	5.8%

Fuente: Elaboración propia de los tesisas

Grafica N°05: Curva de Compactación



Fuente: Elaboración propia de los tesisas

Para esta investigación la muestra con aplicación de plástico reciclado PET al 4% posee mayores valores en cuanto a la resistencia con un óptimo contenido de humedad de 12.7%, una máxima densidad seca de 1.846 gr/cm³ y una capacidad de carga de 7.4%. Diseño óptimo que nos ayudara para una futura compactación a niveles de subrasante en la carretera del sector Santa Ana.

DATOS GENERALES DE LA MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

Para nuestro proyecto analizamos los gastos económicos que nos generan el uso de estabilización con plástico reciclado PET en nuestra muestra de un kilómetro de carretera. Para ello mencionamos a continuación los datos generales que obtuvimos durante su desarrollo a lo largo de esta investigación.

Ubicación: Lamas – zapatero - Santa Ana

Espesor de la Base: 0.20 m

Ancho: 5.00 m

Largo: 1000.00 m

Área Total: 5000.00 m²

Volumen a Estabilizar: 1000 m³

Dosificación: 77 kg/m³

Plástico Pet: 40 m³

ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE

Para realizar la configuración respectiva de estos análisis de costos tomamos como referencia el precio de algunos materiales cotizados, en cambio, los precios de la mano de obra, equipos, entre otros. Se obtuvieron en base a presupuestos de obras de estabilización similares, que se están llevando a cabo actualmente.

Obtención de Plástico Fibra Pet, Esta partida describe el precio y lo necesario para obtener un Kg de fibras de plástico PET de 5x0.5 cm, que será añadido a la capa de subrasante arcillosa a ser conformado por un metro cubico.

Tabla 15: APU Obtención de Plástico Fibra Pet

OBTENCIÓN DE PET DE 5 X 0.5			Kg	4.50	
Descripción de Recurso	Unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
		Rendimiento	1.00	kg/día	
Materiales					
Botellas PET	kg		2.0000	2.00	4.80
Mano de Obra					
Peón	HH	1.000	0.1600	15.90	7.95
Equipo					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	7.95	0.24

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

El precio de la compra de las botellas de PET se llevó a cabo en la recicladora "Pérez" en la ciudad de Tarapoto. Lastimosamente no prestan el servicio de triturado. Motivo por el cual el proceso de triturado se realizó manualmente, de acuerdo a las medidas de la investigación.

Excavación Hasta Nivel De Subrasante, Esta partida describe el volumen de material a excavar hasta el nivel de subrasante.

Tabla 16: APU Excavación Hasta Nivel De Subrasante

EXCAVACIÓN HASTA NIVEL DE SUBRASANTE			m ³	5.13	
Descripción de Recurso	Unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
		Rendimiento	800.000	M3/día	
Mano de Obra					
Capataz	HH	2.000	0.0200	83.33	1.67
Operario	HH	1.000	0.0100	22.00	0.22
peón	HH	6.000	0.0600	15.90	0.95
Equipo					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	2.84	0.09
Retroexcavadora CAT 225	HM	1.0000	0.0100	220.00	2.20

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Eliminación De Material Excedente Esta partida describe al igual que la anterior. Eliminar el volumen de material, el cual depende del espesor de la subrasante mejorada con plástico PET. Sea cual sea el tipo de pavimentación a usar.

Tabla 17: APU Eliminación De Material Excedente

ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA				m ³	6.62
Descripción de Recurso	Unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
		Rendimiento	700.000	M3/día	
Mano de Obra					
Capataz	HH	1.000	0.0110	83.33	0.95
Operario	HH	2.000	0.0220	22.00	0.50
peón	HH	3.000	0.0330	15.90	0.55
Equipo					
Herramientas Manuales	%MO	1.000	3.0000	2.00	0.06
Cargador Frontal CAT 950	HM	1.000	0.0114	220.00	2.42
Camión Volquete 15 M3.	HM	1.000	0.0114	180.00	2.05

Fuente: Elaboración propia de los tesistas

Conformación de Subrasante con Adición PET 5 X 0.5 al 4%

Esta partida es primordial debido a que se adiciona Plástico PET de 5 X 0.5 al 4%. Según el EG 2013 Sección 207 mejoramiento de suelos es espesor de la capa de subrasante es de máximo 30cm.

Tabla 18: APU Conformación de Subrasante con PET 5 X 0.5 al 4%

CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN PET 0.5x5.00cm al 4%				m ³	2.96
Descripción de Recurso	Unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
		Rendimiento	1200.00	M3/día	
Materiales					
Agua	M3		0.0210	7.60	0.16
Mano de Obra					
Capataz	HH	1.000	0.0067	83.33	0.56
Operario	HH	2.000	0.0133	22.00	0.29
Peón	HH	2.000	0.0133	15.90	0.21
Equipo					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	1.06	0.03
Motoniveladora de 125 HP	HM	1.0000	0.0067	250.00	1.68
Rodillo Liso VIBR 101-135HP 10-12T	HM	0.3000	0.0020	200.00	0.40
Tractor de orugas de 190-240 HP	HM	0.500	0.0033	310.00	1.02
Camión Cisterna 4x2 (agua) 122 HP	HM	0.300	0.0001	250.00	0.03

Fuente: Elaboración propia de los tesistas

Perfilado y Compactado de Subrasante

Tabla 19: APU Perfilado y Compactado

PERFILADO Y COMPACTADO			M2	4.18	
Descripción de Recurso	Unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
		Rendimiento	1200.000	M2/día	
Mano de Obra					
Capataz	HH	1.000	0.0067	83.33	0.56
Operario	HH	1.000	0.0067	17.63	0.15
peón	HH	4.000	0.0267	15.90	0.42
Equipo					
Herramientas Manuales	%MO	1.000	3.0000	1.13	0.03
Rodillo Liso VIB 101-135HP 10-12T	HM	1.000	0.0067	200.00	1.34
Motoniveladora de 125 HP	HM	1.000	0.0067	250.00	1.68

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO FINAL

Tabla 20: Presupuesto General

PRESUPUESTO General					
Ubicación:	Lamas – zapatero - Santa Ana				
Fecha:	Diciembre 2020				
PARTIDA	UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL	
TRABAJOS PREVIOS					
Obtención de Plástico PET de 5x0.5	KG	3,080.00	4.50	13,860.00	
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
Excavación hasta nivel de Subrasante	M3	1,000.00	5.13	5,130.00	
Eliminación de Material Excedente	M3	350.00	6.62	2,317.00	
Conformación de Subrasante con Adición de PET 5x0.5 al 4%	M3	1,000.00	2.96	2,960.00	
Perfilado y Compactación de Subrasante	M2	5,000.00	4.18	20,900.00	
COSTO DIRECTO				45,167.00	

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

El presupuesto final de la investigación Diseño de una subrasante con adición de plástico reciclado PET al 4% nos otorgó un total de S/. 45, 167.00 para el área total de la carretera del Sector Santa.

V. DISCUSIONES

5.1. Con respecto a las características Topográficas, la carretera de la Localidad de Santa Ana cuenta con un terreno plano, tiene pendientes transversales al eje de la carretera, inferior o equivalente al 10%, según esta orografía no necesita mucho movimiento de tierras, en el tramo 04 y 05 que es el inicio del declive longitudinal se observa una pendiente menor de (3%) en el tramo 07 se observa un terreno ondulado transversal al eje de la carretera entre 11% y 50% aquí se necesitara un controlado movimiento de tierras, en los tramos 08 y 09 se continua observando un terreno plano ya que es tas pendientes no pasan del 10% y el movimiento de tierras es mínimo, a diferencia del levantamiento topográfico de la investigación de HUARIPATA, Juan (2018) titulado. Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de transito Tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al manual de diseño de carreteras de bajo volumen de transito-MTC. Cuya área de estudio fue de 4 kilómetros, cuantificó que su carretera tiene una clasificación que va desde ondulada a accidentada con un valor de coeficiente orográfico de 23%. En comparación a los datos obtenidos nos muestra menos movimiento de tierras para realización de un diseño de una subrasante con aplicación de plástico reciclado PET en este sector.

5.2. De acuerdo a las Propiedades Físicas y Mecánicas del Plástico, esta posee una resistencia a la compresión de 273.61N el cual aportara mayor resistencia porque manifiesta una considerable capacidad de carga debido al espesor de sus paredes, lo cual demuestra una mayor rigidez respecto a los otros plásticos destinados a almacenar agua. Según CASTILLO, Edwin y SAUCEDO, Yeremmi (2019) en su investigación titulada Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores Alto. Determinó que una botella de PET reciclada contiene menos de 3mg/kg de etilenglicol siendo el elemento químico que favorece al suelo debido al etileno que aumenta su densidad y menos de 0.2 mg/kg de Ácido Tereftálico la cual aporta la

propiedad higroscópica. La resistencia a compresión que posee el plástico contribuirá directamente en la resistencia del suelo, haciendo más estable ante posibles cargas impuestas sobre el a diferencia de la composición química de esta, que no aporta valores necesarios a la investigación.

5.3. De acuerdo a las Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo indica que en las 03 muestras existe mayor contenido de finos. Tratándose de suelo arcilloso inorgánico de mediana a baja plasticidad, la ruta más crítica se encuentra en la progresiva 0+500; por ser una carretera uniforme, los datos obtenidos de la calicata C-02 será considerada como muestra universal de esta investigación. Cuyo Limite Liquido es de 40.4 e Índice de Plasticidad de 19.4. Obtuvimos mediante el ensayo Proctor Modificado una máxima densidad seca de 1.829 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad del 15.0%. Gracias a ello conseguimos un CBR de 5.9%, sub rasante pobre que se encuentra entre $3\% \geq \text{CBR} < 6\%$. En comparación con la investigación de LINARES, Roiser (2019) que lleva como título Estabilización de suelos arcillosos a nivel de Subrasante con adición de bolsas de Polietileno Fundido. Sus resultados establecen un suelo que varía de limo a arcilla inorgánica con un índice de plasticidad de 13.55% y un CBR de varia de 5% a 5.9%. lo cual se establece una situación similar y por ello requiere de mejoramiento para ser utilizada por lo que resulta conveniente para ambos casos.

5.4. De acuerdo a la resistencia de la subrasante con aplicación de plástico PET al 2%, 4% y 6% en primer lugar se determinó la relación entre contenido de humedad y la densidad seca de todas las muestras, en el ensayo de CBR la muestra con adición de PET al 4% es la que más porcentaje de resistencia manifiesta, con un valor de 7.4 % al 95% de MDS. La cual se ubica entre la $6 \geq \text{CBR} < 10$. Siendo esta una subrasante regular. A diferencia de la muestra con adición de PET al 6% la cual decae con una resistencia de 5.8% muy por debajo de la muestra natural. A comparación de la investigación de QUISPE, Esperanza y SAÑAC, Magaly (2019) que lleva como título Influencia de la

incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco infiere que la dosificación de PET ondulado en 5% con el que es incorporado al suelo, incrementa el valor de CBR de 3.4% a una sub rasante regular de 7.8% al 95% de MDS, logrando pasar de ser una sub rasante insuficiente o pobre a uno apto para soportar la estructura del pavimento. Podemos observar una gran similitud con esta investigación, la única diferencia es el porcentaje adicionado que solo varía por 1%.

5.5. Para el diseño óptimo de esta investigación la muestra con aplicación de plástico reciclado PET al 4% posee mayores valores en cuanto a la resistencia, un óptimo contenido de humedad de 12.7%, una máxima densidad seca de 1.846 gr/cm³ y una capacidad de carga de 7.4%. Diseño óptimo que nos ayudara para una futura compactación a niveles de subrasante en la carretera del sector Santa Ana. A comparación de la investigación de LÓPEZ, José (2013) que lleva como título Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). Establece que para la aplicación en proyectos de ingeniería se puede tener en cuenta que los suelos pueden ser reforzados con plástico reciclado, para mejorar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos. Porcentajes ideales entre 0.2 y 2.0%. estos resultados establecen solo la dosificación óptima que se debe tener en cuenta para algunos proyectos de ingeniería. Sin mencionar el óptimo contenido de humedad y su máxima densidad seca, datos muy importantes para una estabilización. Ya que debido a estos factores uno puede establecer una curva de compactación que el suelo necesita y llegue a la resistencia deseada.

5.6. Para analizar los gastos económicos que nos generan el uso fibras de plástico PET para la estabilización de una carretera de un kilómetro, tomamos como referencia el precio de algunos materiales cotizados, en cambio, los precios de la mano de obra, equipos, entre otros. Se obtuvieron en base a presupuestos de obras de estabilización similares, que se están llevando a cabo actualmente. El presupuesto general de la investigación nos otorgó un

total de S/. 45, 167.00 nuevos soles para el área total de la carretera del Sector Santa. A comparación de la investigación de FLORES, Paola (2019) que lleva como título Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT. Donde en su presupuesto general para la conformación del área de estacionamiento de la Clínica USAT con la alternativa de agregar PET de 1" al 1.15% a la subrasante resulto ser de 103 876.91 nuevos soles. Un precio muy elevado con respecto a utilizar el terreno natural en S/ 49,627.33 a pesar de la reducción de la capa de base, siendo elevado por el material adicional agregado a la capa de subrasante. La variación del presupuesto depende de varios factores. Como la disponibilidad de los equipos, la facilidad de conseguir los materiales, la dosificación optima según los cálculos realizados y lo más importante el área a estabilizar. La estabilización con cualquier aditivo siempre generara gastos mucho más altos que solo compactarlo con el material propio. Siempre y cuando este se encuentre en el rango según el manual de carreteras.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Se determinó las características topográficas de la carretera de estudio con la ayuda de una estación total y su respectivo prisma topográfica. Los planos tanto en planta como de perfil longitudinal se realizaron de acuerdo a las coordenadas o puntos encontrados en ese tramo. Con sus respectivas medidas, progresivas y anotaciones. Este estudio es muy importante ya que de esa manera se define si la carretera por ser existente requiere una rehabilitación o mejoramiento, si este último es el caso nos basaremos en el MTC – DG 2018.

6.2. Se determino las propiedades físicas y mecánicas del plástico PET. Ensayos que se realizaron a 10 Envases PET - bebida carbonatada de 500ml, datos que nos ayudaron a definir el rol importante que este cumple dentro de un suelo arcilloso.

6.3. Se determinó el estudio de las propiedades físicas y mecánica del suelo, para definir las características de este terreno en la localidad de Santa Ana,

para esto se realizó la excavación de 3 calicatas, usamos como muestra universal la calicata C - 02, por ser la más crítica, obtuvimos un suelo arcilloso inorgánico de mediana a baja plasticidad., también se realizó el ensayo de CBR para determinar su capacidad de carga inicial. Y concluimos que necesita una estabilización a nivel de subrasante.

6.4. Se determinó la resistencia del suelo arcilloso con y sin adición de fibras de PET reciclado, realizando ensayos de CBR y Proctor modificado, La resistencia del suelo arcilloso experimenta un incremento gradual al proporcional el porcentaje de adición de fibras de PET reciclado. Donde tiene a mejorar de un 5.9% hasta un 7.0%, siendo el porcentaje de adición de 4% el que mejor desempeño tiene al aplicar en las muestras obtenidas.

6.5. Se determinó que el diseño óptimo es con el porcentaje de 4% de fibras de PET, con un óptimo contenido de humedad de 12.7%, y una máxima densidad seca de 1.754 gr/cm³.

6.6. Se determino el presupuesto general para el diseño de una subrasante con la aplicación de PET agregando fibras plásticas reciclados PET de 5cm x 0.5 cm al 4% a la subrasante resulta ser de un costo total de S/. 45, 167.00 nuevos soles para el área total de la carretera del Sector Santa.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se recomienda para futuras investigaciones ampliar la muestra de estudio en ese sector, ya que la carretera cuenta con 5 kilómetros y una muestra mayor de un kilómetro abarcaría a cubrir características topográficas más amplias y de esa manera determinar zonas más críticas.

7.2. Se recomienda para futuras investigaciones realizar más calicatas, dependiendo de la muestra. Con el fin de obtener datos más contundentes,

datos que harán más preciso las características físicas y mecánicas del suelo en ese sector.

7.3. Se recomienda para futuras investigaciones. Tener en cuenta una planta recicladora con el servicio de triturado. Al recolectar las botellas de Plástico PET deban estar en perfectas condiciones. El tamaño es muy importante ya que de esta manera será más fácil darle la forma de fibras con las medidas correspondientes

7.4. Se recomienda para futuras investigaciones realizar los ensayos necesarios para determinar las propiedades físicas y mecánicas del plástico. Ensayos primordiales que sustenten el aporte que el plástico hace a la subrasante.

7.5. Se recomienda para futuras investigaciones realizar ensayos de estabilización con diferentes tipos de plástico, diferentes medias y porcentajes. De esta manera de tendría una amplia gama de opciones y resultados que pueden ser muy favorables para el tema de la estabilización de la subrasante.

7.6. Se recomienda para futuras investigaciones realizar un presupuesto en base al diseño optimo obtenido gracias a los resultados de laboratorio, ya que esto garantizara una estimación de gastos más detallada y exacta.

VIII. REFERENCIAS

A. Adesina, P.O. Awoyera. Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. Article scientific. Vol. 12 [en línea] junio 2020 [Fecha de consulta: 03 de julio de 2020]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509520300024?via%3Dihub>
ISSN: 2214-5095

AGUIRRE, Víctor y YEPEZ, Silvana. Manual de laboratorio para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Tesis (pregrado). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. 2019. Disponible en:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17839?mode=full>

ASKELAND, Donald R [et all.], Ciencia e ingeniería de materiales. (6ta ed.). México: Cengage Learning. 2012. [en línea] [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://oswaldoweb.files.wordpress.com/2016/04/ciencia-e-ingenieria-de-materiales-sexta-edicic3b3n.pdf>
ISBN: 978-607-481-620-4

BELAY, Rebecca [et all.]. Soil Stabilization Using Waste Plastic Materials. Open Journal of Civil Engineering [en línea] (p.55-68) enero 2020 [Fecha de consulta: 03 de julio de 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/340025266_Soil_Stabilization_Using_Waste_Plastic_Materials
ISSN: 2164-3172

BOTERO Eduardo [et all.]. Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas. Revista Facultad de ingeniería universidad de Antioquia [en línea] marzo 2014 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/430/43030033019.pdf>

ISSN: 0120-6230

CARVAJAL, Alejandra y GARZON, Rafael. Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras PET. Tesis (pregrado). Colombia: Universidad Piloto de Colombia. 2019. Disponible en:

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6482/Trabajo%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FERNÁNDEZ, Rafael. Estabilización de suelos con cal: actuaciones previas a su ejecución. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera [en línea] febrero 2007 [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en:

<http://www.institutoivia.com/revista%20carreteras/E02.pdf>

FLORES, Paola. Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019. Tesis (pregrado). Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería. 2019. Disponible en:

<http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2125>

GIL, Erick y NUÑEZ, Ingrid. Influencia de la Adición de Fibras de Pet Reciclado Sobre la Resistencia, Cohesión y Ángulo de Fricción Interna de Suelos Arcillosos Aplicado a la Estabilidad de Taludes. Tesis (pregrado). Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2018. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11114>

HAMID Hanzar. Use of Waste Plastics for the Enhancement of Soil Properties: A Recent Advancement in Geotechnical Engineering. International Journal of Engineering Research & Technology Vol. 6 [en línea] (p.102-111) julio 2017 [Fecha de consulta: 03 de julio de 2020]. Disponible en:
<https://www.ijert.org/research/use-of-waste-plastics-for-the-enhancement-of-soil-properties-a-recent-advancement-in-geotechnical-engineering-IJERTV6IS070079.pdf>
ISSN: 2278-0181

HIGUERA Carlos [et all.]. Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. Revista Facultad de ingeniería UPTC [en línea] mayo 2012 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4222676>
ISSN: 0121-1129

HUARIPATA, Juan. Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito Tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito-MTC. Tesis (pregrado). Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2018. Disponible en:
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1984/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IMPI Instituto Mexicano del Plástico Industrial *Enciclopedia del plástico*. México. 1997 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2020]. Disponible en:
<http://vengodelaedaddelplastico.blogspot.com/2017/06/enciclopedia-del-plastico.html>

JUNCO Juan, TEJEDA Eduardo. Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras. Revista de Arquitectura e Ingeniería [en línea] julio 2011 [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2020]. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3711821>

ISSN: 1990-8830

KRAEMER, Carlos [et all.]. Ingeniería de carreteras. Volumen II. España: Amelia Nieva. 2004. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/214211378/Ingenieria-de-carreteras-Vol-II>

ISBN: 84-481-3998-4

LINARES, Roiser. Estabilización de Suelos Arcillosos a Nivel de Subrasante con Adición de Bolsas de Polietileno Fundido. Chachapoyas 2018. Tesis (pregrado).

Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2019. Disponible en:

<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1800>

LÓPEZ, Francisco. *Fundamentos de polímeros*. VI Escuela Venezolana para la enseñanza de la Química. Edición 2004. [en línea] [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/262639386_FUNDAMENTOS_DE_POLIMEROS

LÓPEZ, José. Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). Tesis (pregrado). Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia. 2013. Disponible en:

https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/265/7/LopezJose_2013_SuelosArcillososReforzados.pdf

MANUAL DE CARRETERAS. Sección suelos y pavimentos. 2014 [en línea] [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

MANUAL DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS. 2008 [en línea] [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2020] Disponible en:

<http://www.sutran.gob.pe/wpcontent/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>

MARTINEZ, Gonzalo [et all.] Materiales sustentables y reciclados en la construcción (1^{era} Ed). OmniaScience. 2015. [en línea] [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible en:

<https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/book/82>
ISBN: 978-84-943418-0-9

NOAA's National Ocean Service. [en línea] [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2020]. Disponible en:

https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/2018_Plastics_Fact_Sheet.pdf

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339. 133.Suelos. Método de ensayo de penetración estándar SPT. [en línea] 1999 [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020] Disponible en:

<https://vdocuments.site/ntp-339133-suelos-metodo-de-ensayo-de-penetracion-estandar-spt-ntp.html>

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.134 Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería. [en línea] 1999 [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020] Disponible en:

<https://vdocuments.mx/download/ntp-339134-1999-metodos-clasificacion-suelos-sucs>

OJEDA, Sara [et all.]. Los residuos como recurso. Revista científica [en línea] junio 2018 [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/329440462_Composicion_de_residuos_plasticos_en_tres_ciudades_del_pais
ISSN: 2395-8170

QUISPE, Esperanza y SAÑAC, Magaly. Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018. Tesis (pregrado). Perú: Universidad Tecnológica de los Andes. Facultad de Ingeniería. 2019. Disponible en:
<http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/206/Influencia%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1stico%20reciclado%20triturado-PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RODRIGUEZ, Carmelo y ORTIZ, Isabel. Diseño óptimo de experimentos para modelos de regresión. Monografías, ciencia y tecnología. Almería 1999 [en línea] [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://osvaldoweb.files.wordpress.com/2016/04/ciencia-e-ingenieria-de-materiales-sexta-edicic3b3n.pdf>
ISBN: 84-8240-195-5

RUBIANO, José [et all.]. Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades. Artículo Científico Inge@uan – Tendencias en la ingeniería [en línea] mayo 2011 [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020] Disponible en:
<http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/ingean/article/view/201/172>
ISSN: 2346-1446

SANDOVAL, Eimar y RIVERA, William. Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfiada. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea] 2019, pp. 135-152 [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/3478>
ISSN: 1909-7735

SANZ Juan. Fundamentos de Mecánica de Suelos. (2da ed.). España: Eyrolles, Editeur -Paris. 1975 [en línea] [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020] Capítulo 1. Disponible en: https://books.google.fr/books?id=96EEoaVynl4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
ISBN: 84-7146-022-X

SERRANO, Erika y PADILLA Edgar. Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. Revista Ingeniería Solidaria, vol. 25 [en línea] enero 2019 [Fecha de consulta: 02 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/2695/2671>
ISSN: 2357-6014

SHERWELL, Guillermo. Estudio del uso de Polietileno Tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras térreas conformadas por suelo fino. Tesis (pregrado). México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. 2014. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2936?show=full>

SINGH Meenakshi [et all.]. Strength enhancement of the subgrade soil of unpaved road with geosynthetic reinforcement layers. Article scientific. [en línea] enero 2019 [Fecha de consulta: 04 de julio de 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/330781623_Strength_Enhancement_of_the_Subgrade_Soil_of_Unpaved_Road_with_Geosynthetic_Reinforcement_Layers
ISSN: 2214-3912

TORRES Álvaro, VILLATE Eduardo. Topografía (4^{to} ed.). Colombia. Escuela Colombia de Ingeniería. 2000 [en línea] [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2020]. Disponible en:
https://www.academia.edu/39249795/Topografia_Alvaro_Torres_Nieto_4edc
ISBN: 958-8060-12-5

VARGHESE Jasmín [et all.]. Soil Stabilization using Plastic Fibers. International Journal of Science Technology & Engineering [en línea] (p.484-487) junio 2016 [Fecha de consulta: 03 de julio de 2020]. Disponible en:
<http://www.ijste.org/articles/IJSTEV2I12007.pdf>
ISSN: 2349-784X

VETTERELO Paula, CLARIÁ Juan. Suelos Reforzados con Fibras: Estado del Arte y Aplicaciones. Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. [en línea] marzo 2014. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en:
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/6856/7934>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente Diseño de una subrasante con aplicación de plástico reciclado	La subrasante, es la parte superior del suelo o el asiento de las excavaciones en un suelo natural, que tiene como fin sostener la estructura del pavimento MANUAL DE CARRETERAS MTC.	La subrasante usada como muestra se recolectará de calicatas de la carretera del sector Santa Ana	Características topográficas	Perfil del suelo	Razón
			Propiedades físicas del suelo	Granulometría Humedad Límites de Atterberg	Intervalo
			Propiedades mecánicas del suelo	Proctor modificado Capacidad de carga	Intervalo
Variable dependiente Mejoramiento de la capacidad de carga	Plástico, es un grupo de materiales sintéticos cuya estructura consiste de cadenas moleculares con un alto contenido de carbono, ya sea como elemento único o principal. OJEDA Sara [et all.] (2018)	El plástico reciclado usado será de botellas de bebidas en forma proporcional a la muestra del suelo en 2%, 4% y 6%	Propiedades Físicas del plástico	Absorción de humedad Dureza Permeabilidad	Intervalo
			Propiedades mecánicas	Resistencia a la tensión Resistencia a la compresión	Intervalo
			Resistencia	CBR	Intervalo
		Para mejorar las condiciones de la subrasante se adicionará plástico reciclado que aumentará su capacidad portante.	Economía	Presupuesto	Intervalo
			Diseño optimo	Adición de PET en 2%, 4% y 6%	Intervalo
	Capacidad de carga. Es la disposición del terreno para resistir una carga sin que esta falle dentro de su conjunto. Esta disposición de un suelo para resistir una carga depende no solo de la capacidad del suelo, sino también de la magnitud y distribución de la carga. SHOWERS George (1972).				

Anexo 02: Técnica e Instrumentó de Recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuente
Ensayo de clasificación de suelos	Ficha de Registro	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Ensayo de contenido de humedad	Ficha de Registro	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Ensayo de Limites de Atterberg	Ficha de Registro	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Ensayo de las propiedades físicas el plástico	Ficha de Registro	ASTM D570, ASTM D6869, NTP 311.253
Ensayo de las propiedades mecánicas del plástico	Ficha de Registro	ASTM E398, ASTM D638, ASTM D695
Ensayo de Proctor Modificado	Ficha de Registro	NTP 339.141 (ASTM D-1557)
Ensayo de la capacidad de carga	Ficha de Registro	NTP 339. 145 (ASTM D-1883)

Anexo 03: Muestras de Subrasante

Progresiva (Km)	Calicatas	Profundidad (m)	Referencia
0 + 000	C - 01	1.5	Tramo Inicial
0 + 500	C - 02	1.5	Tramo Medio
1 + 000	C - 03	1.5	Tramo Final

ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Anexo 04: Análisis Granulométrico de la M1 – C -01



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),

Proyectos de Rehabilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Terreno de Fundación

Calicata N° : C - 01 M 1

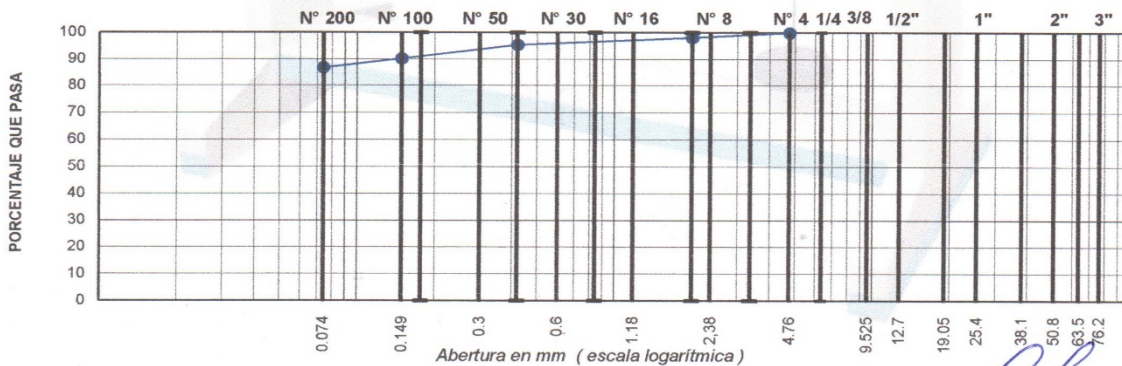
Profundidad : 1.50 m

Fecha : Octubre del 2020 **Peso Total :** 500 grs.

Testistas : Frans González Portocarrero
Alexi Remil Lozano Rengifo

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. A-1	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						Arcilla inorgánica de baja plasticidad, color marrón.
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N°4	4.760	0.00	0.00	0.0	100.0		
N°6	3.360						LIMITE LIQUIDO 39.1 %
N°8	2.380						LIMITE PLASTICO 21.1
N°10	2.000	9.00	1.80	1.8	98.2		INDICE PLASTICO 18.0
N°16	1.190						CLASIFICACION AASHTO A-6(11)
N°20	0.840						CL
N°30	0.590						
N°40	0.420	14.00	2.80	4.6	95.4		
N°50	0.297						
N°80	0.177						
N°100	0.149	26.0	5.20	9.8	90.2		
N°200	0.074	17.0	3.40	13.2	86.8		
PAN	-	434.0	86.8	100.0	-		

REPRESENTACION GRAFICA



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.
Miguel A. Rodríguez Vasquez
 TECNICO EN SISTEMAS DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Mategui
 C.I.P. N° 73439

Anexo 05: Análisis Granulométrico de la M1 – C -02



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

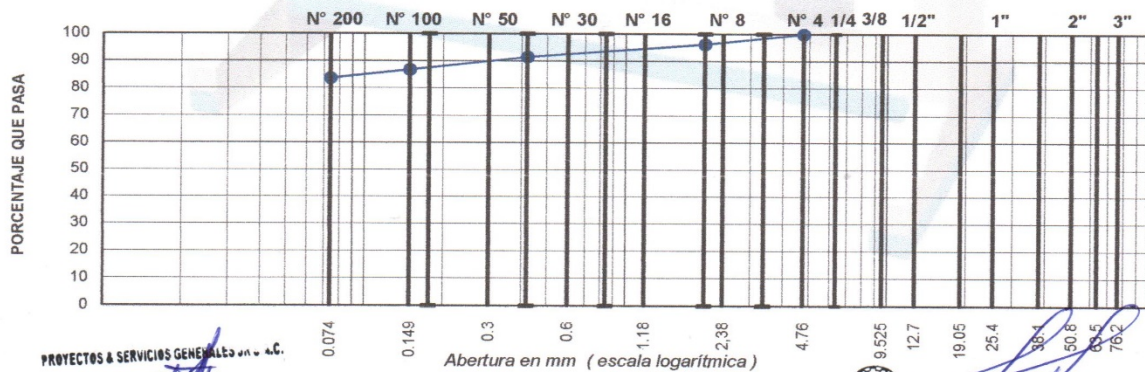
Proyectos & Servicios Generales J.R. SAC

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto :	"Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"	
Material :	Terreno de Fundación	
Calicata N° :	C-2 - M-1	
Profundidad :	1.50 m	
Fecha :	Octubre del 2020	
Tesistas :	Frans González Portocarrero Alexi Remil Lozano Rengifo	Peso Total : 500 grs.

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. A-1	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						Arcilla inorgánica de baja plasticidad, color beige oscuro con manchas plomizas y amarillentas.
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N°4	4.760	0.00	0.00	0.0	100.0		
N°6	3.360						LIMITE LIQUIDO 40.4 %
N°8	2.380						LIMITE PLASTICO 21.0
N°10	2.000	18.50	3.7	3.7	96.3		INDICE PLASTICO 19.4
N°16	1.190						CLASIFICACION AASHTO A-6(11)
N°20	0.840						CL
N°30	0.590						
N°40	0.420	24.00	4.8	8.5	91.5		
N°50	0.297						
N°80	0.177						
N°100	0.149	23.0	4.6	13.1	86.9		
N°200	0.074	16.0	3.2	16.3	83.7		
PAN	-	418.50	83.7	100.0	-		

REPRESENTACION GRAFICA



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.
Miguel A. Reategui Vasquez
ING. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reategui
- S.A.P. N° 73439

Anexo 06: Análisis Granulométrico de la M1 – C -03



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

Proyectos & Servicios Generales J.R. SAC

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Terreno de Fundación

Calicata N° : C-3 - M-1

Profundidad : 1.50 m

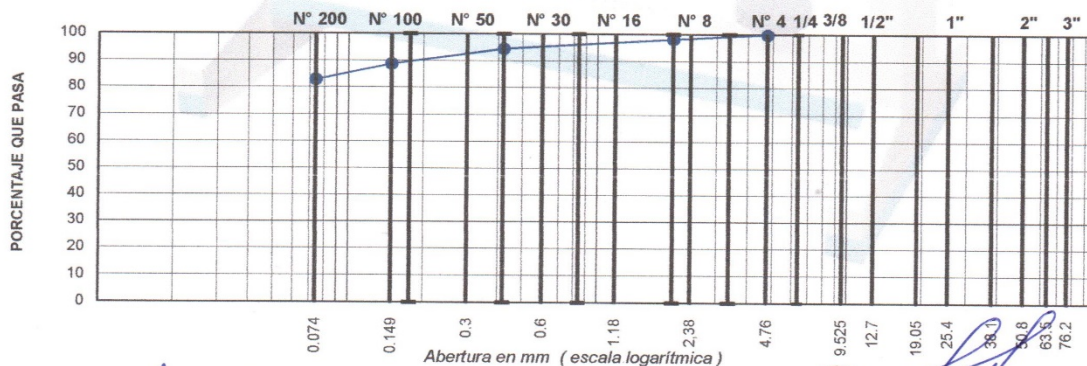
Fecha : Octubre del 2020

Testistas : Frans González Portocarrero
Alexi Remil Lozano Rengifo

Peso Total : 500 grs.

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. A-1	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						Arcilla inorgánica de baja plasticidad, color marrón oscuro
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N°4	4.760	0.00	0.00	0.0	100.0		
N°6	3.360					LIMITE LIQUIDO 39.7 %	
N°8	2.380					LIMITE PLASTICO 21.0	
N°10	2.000	9.00	1.8	1.8	98.2	INDICE PLASTICO 18.7	
N°16	1.190					CLASIFICACION AASHTO A-6(11)	
N°20	0.840					CL	
N°30	0.590						
N°40	0.420	18.50	3.7	5.5	94.5		
N°50	0.297						
N°80	0.177						
N°100	0.149	28.5	5.7	11.2	88.8		
N°200	0.074	29.5	5.9	17.1	82.9		
PAN	-	414.50	82.9	100.0	-		

REPRESENTACION GRAFICA



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reategui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramirez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 07: Humedad Natural de la M1 – C -01



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

LIMITES DE ATTERBERG

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Materia : Terreno de Fundación

Calicata : C - 01 M 1

Profundidad : 1.50 m

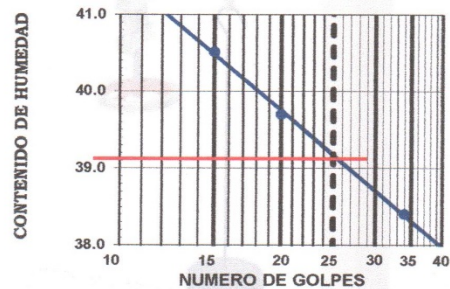
Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : Frans González Portocarrero
Alexi Remil Lozano Rengifo

LIMITE LIQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	34	20	15
N° de recipiente	36	37	38
Peso recip. + suelo húmedo	37.06	37.47	37.75
Peso recip. + suelo seco	32.87	33.04	33.18
Tara	21.96	21.88	21.90
Peso del Agua	4.19	4.43	4.57
Peso del suelo seco	10.91	11.16	11.28
Contenido de humedad (%)	38.4	39.7	40.5

LIMITE PLASTICO	
39	40
23.39	23.60
21.53	21.69
12.68	12.69
1.86	1.91
8.85	9.00
21.0	21.2

RESULTADOS	%
Límite Líquido	39.1
Límite Plástico	21.1
Índice Plástico	18.0



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.

Miguel A. Reategui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramirez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Anexo 08: Humedad Natural de la M1 – C -02



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

HUMEDAD NATURAL

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Terreno de Fundación

Calicata N° : C-2 - M-1

Profundidad: 1.50 m

Fecha : Octubre del 2020

Tesista : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

N° del recipiente	2
Peso de recip. + suelo humedo	178.24
Peso del recip.+ suelo seco	157.85
Tara	37.66
Peso del agua	20.39
Peso del suelo seco	120.19
Contenido de humedad (%)	16.96

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reátegui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

R.R.
Ing. Ronal Ramirez Reategui
C.I.P. N° 73439

Anexo 09: Humedad Natural de la M1 – C -03



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

HUMEDAD NATURAL

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Terreno de Fundación

Calicata N° : C-3 - M-1


Profundidad : 1.50 m

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

N° del recipiente	3
Peso de recip. + suelo humedo	170.30
Peso del recip.+ suelo seco	152.68
Tara	38.02
Peso del agua	17.62
Peso del suelo seco	114.66
Contenido de humedad (%)	15.37

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
eth
Miguel A. Reátegui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

 **Ing. Ronald Ramírez Reátegui**
C.A.P. N° 73409

Anexo 10: Limites de Atterberg de la M1 – C -01



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

LIMITES DE ATTERBERG

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Materia : Terreno de Fundación

Calicata : C - 01 M 1

Profundidad : 1.50 m

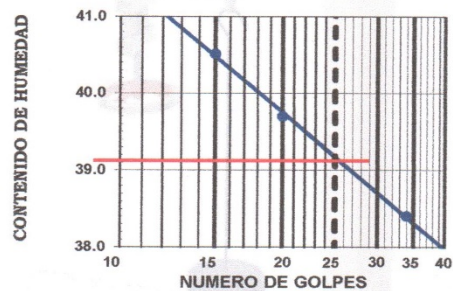
Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : Frans González Portocarrero
Alexi Remil Lozano Rengifo


LIMITE LIQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	34	20	15
N° de recipiente	36	37	38
Peso recip. + suelo húmedo	37.06	37.47	37.75
Peso recip. + suelo seco	32.87	33.04	33.18
Tara	21.96	21.88	21.90
Peso del Agua	4.19	4.43	4.57
Peso del suelo seco	10.91	11.16	11.28
Contenido de humedad (%)	38.4	39.7	40.5

LIMITE PLASTICO	
39	40
23.39	23.60
21.53	21.69
12.68	12.69
1.86	1.91
8.85	9.00
21.0	21.2

RESULTADOS	%
Límite Líquido	39.1
Límite Plástico	21.1
Índice Plástico	18.0



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reategui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO


 Ing. Ronald Ramirez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Anexo 11: Limites de Atterberg de la M1 – C -02



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
 Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

LIMITES DE ATTERBERG

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Terreno de Fundación

Calicata Nº : C-2 - M-1

Profundidad: 1.50 m

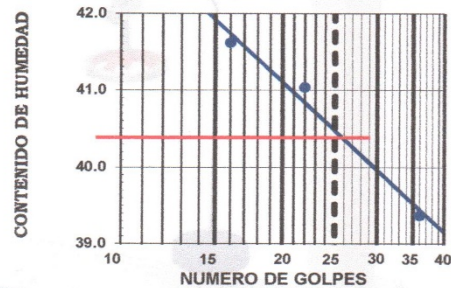
Fecha : Octubre del 2020

Tesista : Frans González Portocarrero
 Alexi Remil Lozano Rengifo

LIMITE LIQUIDO			
Ensayo Nº	1	2	3
Nº de golpes	36	22	16
Nº de recipiente	36	37	38
Peso recip. + suelo húmedo	40.25	40.73	40.89
Peso recip. + suelo seco	35.14	35.33	35.38
Tara	22.16	22.17	22.14
Peso del Agua	5.11	5.40	5.51
Peso del suelo seco	12.98	13.16	13.24
Contenido de humedad (%)	39.4	41.0	41.6

LIMITE PLASTICO	
39	40
20.24	20.31
18.78	18.82
11.76	11.80
1.46	1.49
7.02	7.02
20.8	21.2

RESULTADOS	%
Límite Líquido	40.4
Límite Plástico	21.0
Índice Plástico	19.4



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC.

Miguel A. Reategui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramirez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Anexo 12: Límites de Atterberg de la M1 – C -03



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

LÍMITES DE ATTERBERG

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Terreno de Fundación

Calicata : C-3 - M-1

Profundidad: 1.50 m

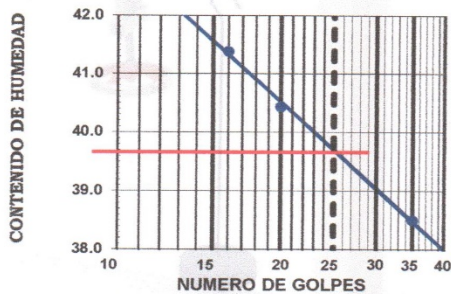
Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : Frans González Portocarrero
Alexi Remil Lozano Rengifo

LÍMITE LÍQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	16
N° de recipiente	46	47	48
Peso recip. + suelo húmedo	40.18	40.52	40.87
Peso recip. + suelo seco	35.24	35.30	35.49
Tara	22.41	22.39	22.49
Peso del Agua	4.94	5.22	5.38
Peso del suelo seco	12.83	12.91	13.00
Contenido de humedad (%)	38.5	40.4	41.4

LÍMITE PLÁSTICO	
49	50
19.99	20.17
18.58	18.68
11.69	11.74
1.41	1.49
6.89	6.94
20.5	21.5

RESULTADOS	%
Límite Líquido	39.7
Límite Plástico	21.0
Índice Plástico	18.7



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reátegui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reátegui
 C.I.P. N° 73439

Anexo 13: Proctor Modificado a la Muestra Natural



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Calicata N° : 01,02,03

Profundidad: 1.50 m.

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : **Alexi Remil Lozano Rengifo**

Compactación

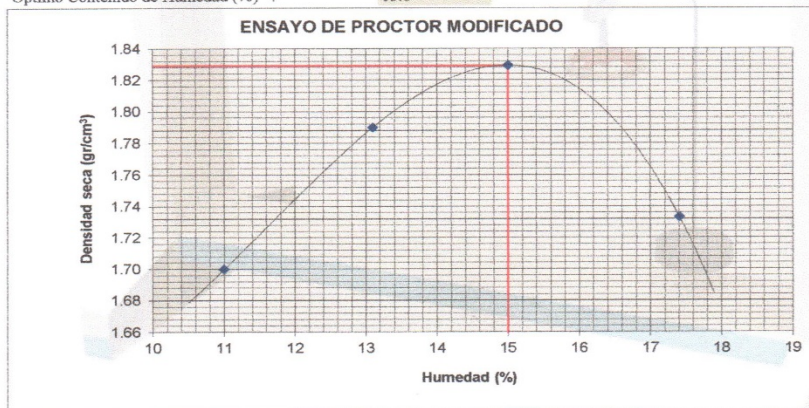
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5809	5939	6014	5949
Peso molde (gr.)	4026	4026	4026	4026
Peso suelo compactado (gr.)	1783	1913	1988	1923
Volumen del molde (cm ³)	945	945	945	945
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.887	2.024	2.104	2.035

Humedad (%)

Tara N°	5	6	7	8
Tara + suelo húmedo (gr.)	147.81	139.64	147.97	154.03
Tara + suelo seco (gr.)	136.91	127.86	133.61	136.82
Peso de agua (gr.)	10.90	11.78	14.36	17.21
Peso de tara (gr.)	37.81	37.90	37.86	37.92
Peso de suelo seco (gr.)	99.10	89.96	95.75	98.90
Humedad (%)	11.00	13.1	15.0	17.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.700	1.790	1.829	1.733

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.829

Optimo Contenido de Humedad (%) : 15.0



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reategui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. **Rosario Ramírez Reategui**
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 14: Relación de soporte de California a la muestra natural (CBR)



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Calicata N° : 01,02,03

Profundidad : 1.50 m.

Fecha : Octubre del 2020

Testistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

Máxima Densidad Seca : 1.829 gr/cm³

Optimo Contenido de Humedad : 15.0 %

Compactación

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	10
Peso suelo + molde (gr.)	12808	12730	12387
Peso molde (gr.)	8190	8220	8225
Peso suelo compactado (gr.)	4618	4510	4162
Volumen del molde (cm ³)	2195	2250	2185
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.104	2.004	1.905

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3
Tara+suelo húmedo (gr.)	151.02	152.02	150.39
Tara+suelo seco (gr.)	136.25	136.95	135.36
Peso de agua (gr.)	14.77	15.07	15.03
Peso de tara (gr.)	37.15	37.80	37.10
Peso de suelo seco (gr.)	99.10	99.15	98.26
Humedad (%)	14.9	15.2	15.3
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.831	1.740	1.652

Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		3.70	1.26	3.20	1.05	2.90	0.92
1.27		6.20	2.30	5.50	2.01	5.20	1.88
1.91		9.70	3.76	8.30	3.17	7.00	2.63
2.54	70	12.46	4.91	10.62	4.14	9.07	3.49
3.81		16.70	6.67	14.70	5.84	11.90	4.67
5.08	104	21.20	8.55	18.20	7.30	14.00	5.55
6.35		24.10	9.75	20.80	8.38	15.50	6.17
7.62		26.20	10.63	23.20	9.38	16.60	6.63
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
1	0	0	0
2	199	265	360
3	212	360	410
4	375	410	460
5	394	445	482
	3.10	3.50	3.80

PROYECTOS & SERVICIOS
Miguel A. Redógui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reategui
C.I.P. N° 73409

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 15: Relación de soporte de California a la muestra natural (CBR)



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Calicata N° : 01,02,03

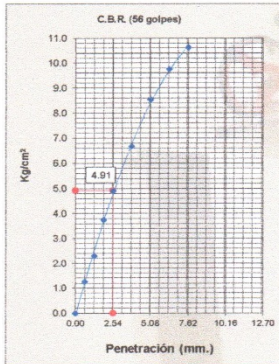
Profundidad : 1.50 m.

Fecha : Octubre del 2020

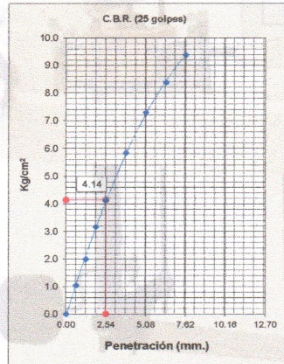
Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

Máxima Densidad Seca : 1.829 gr/cm³

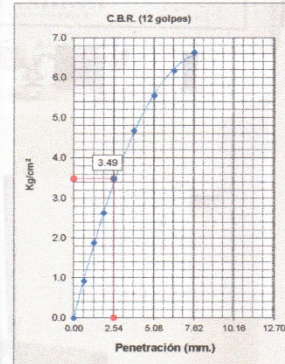
Optimo Contenido de Humedad : 15.0 %



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 7.0

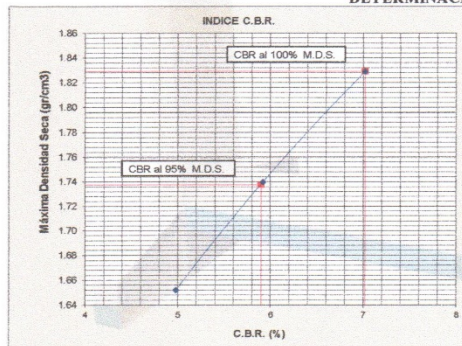


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 5.9



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 5.0

DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. : 1.738

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	7.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	5.9 %

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reategui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Román Ramírez Reategui
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 16: Proctor Modificado con adición de PET al 2%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Obra : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Calicata N° : Mejoramiento 2%

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : Frans González Portocarrero

Alexi Remil Lozano Rengifo

Compactación

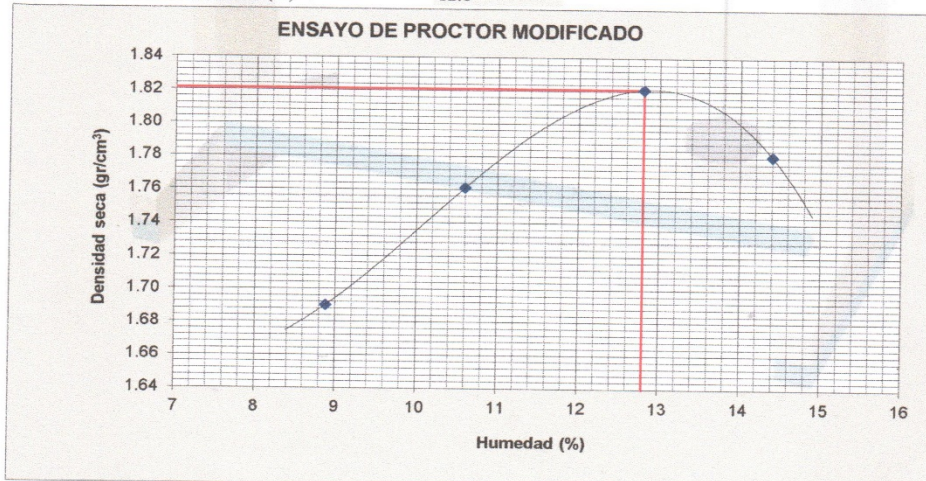
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5734	5835	5935	5919
Peso molde (gr.)	4004	4004	4004	4004
Peso suelo compactado (gr.)	1730	1831	1931	1915
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.840	1.948	2.054	2.037

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	232.75	235.67	238.55	243.60
Tara + suelo seco (gr.)	216.85	216.70	215.78	217.68
Peso de agua (gr.)	15.90	18.97	22.77	25.92
Peso de tara (gr.)	37.86	37.70	37.92	37.68
Peso de suelo seco (gr.)	178.99	179.00	177.86	180.00
Humedad (%)	8.88	10.6	12.8	14.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.690	1.761	1.821	1.781

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.821

Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.8



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reategui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reategui
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718

email: proyectosyserviciosgeneralesjrsc@hotmail.com

Anexo 17: Relación de Soporte de California (CBR) con adición de PET al 2%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Obra : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)
 Muestra : Mejoramiento 2%
 Profundidad : 1.50 m
 Fecha : Octubre del 2020
 Testistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Renifo

Máxima Densidad Seca : 1.821 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 12.8 %

Compactación

Molde N°	7	8	9
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	10
Peso suelo + molde (gr.)	12776	12548	12342
Peso molde (gr.)	8400	8380	8410
Peso suelo compactado (gr.)	4376	4168	3932
Volumen del molde (cm ³)	2111	2115	2109
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.073	1.971	1.864

Humedad (%)

Tara N°	10	12	13
Tara+suelo húmedo (gr.)	249.17	247.63	250.11
Tara+suelo seco (gr.)	225.23	223.80	225.94
Peso de agua (gr.)	23.94	23.83	24.17
Peso de tara (gr.)	37.87	37.80	37.82
Peso de suelo seco (gr.)	187.36	186.00	188.12
Humedad (%)	12.78	12.81	12.85
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.838	1.747	1.652

Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		3.70	1.26	3.10	1.01	2.53	0.77
1.27		8.00	3.05	6.30	2.34	4.55	1.61
1.91		11.80	4.63	9.30	3.59	6.60	2.46
2.54	70	15.00	5.96	12.07	4.74	8.60	3.30
3.81		20.70	8.34	15.50	6.17	11.30	4.42
5.08	104	25.70	10.42	18.40	7.38	13.80	5.46
6.35		29.20	11.88	20.20	8.13	15.50	6.17
7.62		32.00	13.04	21.10	8.50	16.80	6.71
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
1	0	0	0
2	90	100	110
3	139	160	185
4	200	225	290
5	406	419	446
	3.20	3.30	3.51

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Redtegui Vasquez
 TEC. LABORANTISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 18: Relación de Soporte de California (CBR) con adición de PET al 2%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

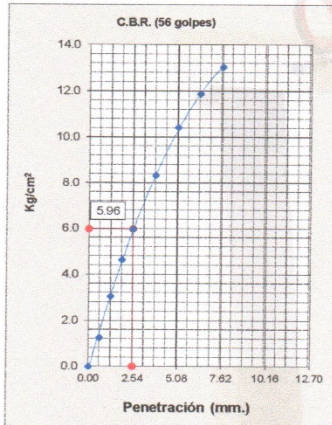
Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

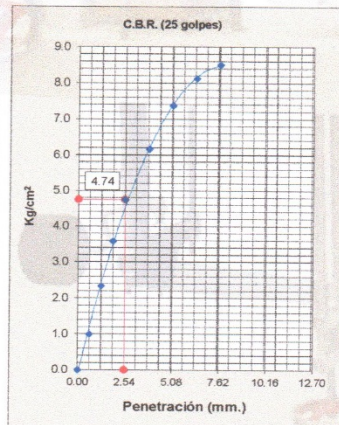
Obra : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)
 Calicata N° : Mejoramiento 2%
 Profundidad : 1.50 m
 Fecha : Octubre del 2020
 Tesistas : Frans González Portocarrero
 Alexi Remil Lozano Rengifo

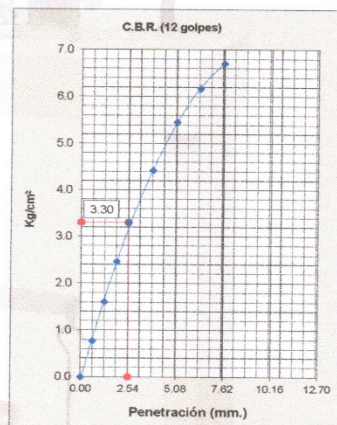
Máxima Densidad Seca : 1.821 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 12.8 %



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 8.5

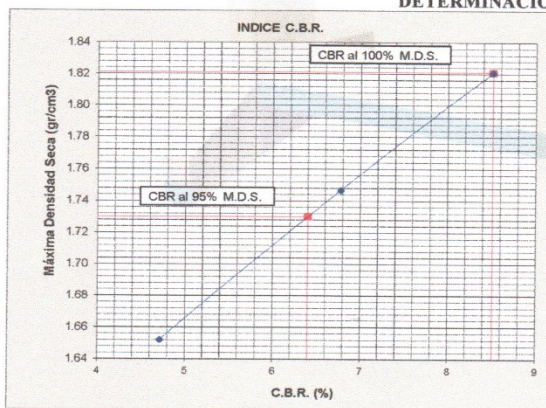


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 6.8



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 4.7

DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. : 1.730

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	8.5 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	6.4 %

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Miguel A. Reátegui Vasquez
 T.E.C. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reátegui
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 19: Proctor Modificado con adición de PET al 4%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
 Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
 Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)
 Muestra : Mejoramiento 4%
 Profundidad : 1.50 m
 Fecha : Octubre del 2020
 Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

Compactación

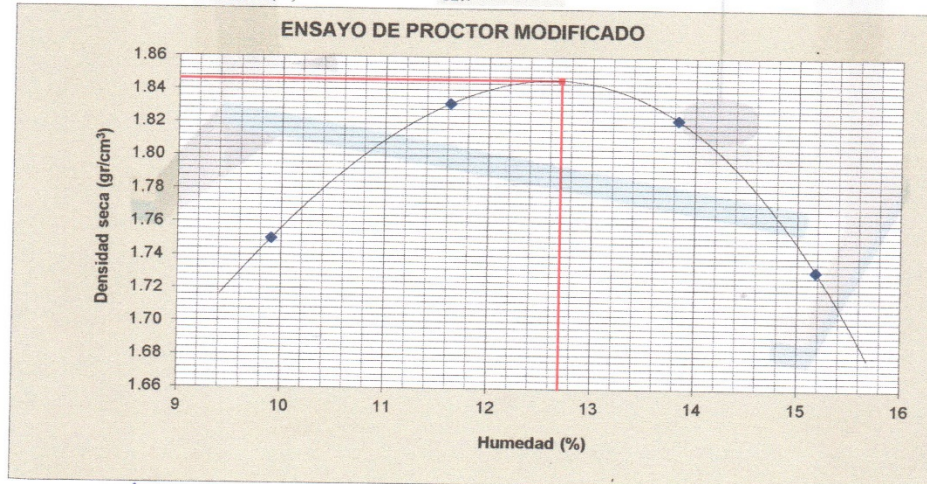
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5812	5926	5954	5879
Peso molde (gr.)	4004	4004	4004	4004
Peso suelo compactado (gr.)	1808	1922	1950	1875
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.923	2.045	2.074	1.995

Humedad (%)

Tara N°	70	71	72	73
Tara + suelo húmedo (gr.)	160.60	164.74	168.18	168.20
Tara + suelo seco (gr.)	152.30	156.04	156.59	155.89
Peso de agua (gr.)	8.30	8.70	11.59	12.31
Peso de tara (gr.)	68.50	81.20	72.80	74.80
Peso de suelo seco (gr.)	83.80	74.84	83.79	81.09
Humedad (%)	9.90	11.62	13.83	15.2
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.750	1.832	1.822	1.732

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.846

Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.7



PROYECTOS & SERVICIOS
Miguel A. Redegui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Roger Ramirez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 20: Relación de Soporte de California (CBR) con adición de PET al 4%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Muestra : Mejoramiento 4%

Profundidad : 1.50 m

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.846

Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.7

Compactación

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	10
Peso suelo + molde (gr.)	15743	15425	14674
Peso molde (gr.)	8790	8755	8130
Peso suelo compactado (gr.)	6953	6670	6544
Volumen del molde (cm ³)	3212	3212	3312
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.165	2.077	1.976

Humedad (%)

Tara N°	41	42	43
Tara+suelo húmedo (gr.)	187.19	202.11	184.77
Tara+suelo seco (gr.)	170.37	183.52	168.29
Peso de agua (gr.)	16.82	18.59	16.48
Peso de tara (gr.)	73.10	82.90	81.50
Peso de suelo seco (gr.)	97.27	100.62	86.79
Humedad (%)	17.29	18.48	18.99
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.846	1.753	1.661

Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		4.96	1.78	3.50	1.17	3.00	0.96
1.27		9.87	3.83	6.41	2.39	5.07	1.83
1.91		14.13	5.60	9.70	3.76	7.38	2.79
2.54	70	17.82	7.14	13.10	5.17	9.58	3.71
3.81		24.20	9.80	16.89	6.75	13.47	5.33
5.08	104	29.50	12.00	21.05	8.48	17.13	6.85
6.35		33.58	13.70	24.10	9.75	20.41	8.22
7.62		36.03	14.72	26.90	10.92	23.22	9.39
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
1	0	0	0
2	497	594	599
3	509	607	619
4	521	620	632
5	529	628	638
	4.17	4.94	5.02

PROYECTOS & SERVICIOS
Miguel A. Reategui Vasquez
REG. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

 **ing. Rogel Ramírez Reategui**
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 21: Relación de Soporte de California (CBR) con adición de PET al 4%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

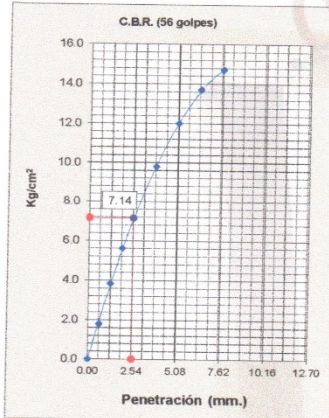
Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

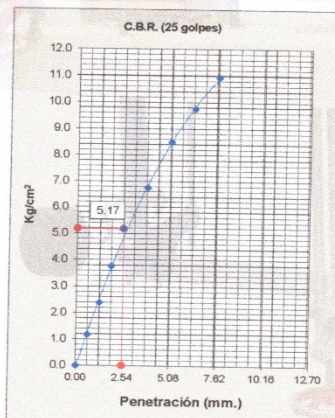
Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)
 Calicatas : Mejoramiento 4%
 Profundidad : 1.50 m
 Fecha : Octubre del 2020
 Tesistas : Frans González Portocarrero
 Alexi Remil Lozano Rengifo

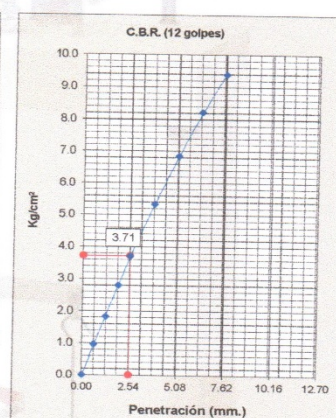
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.846
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.7



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 10.2

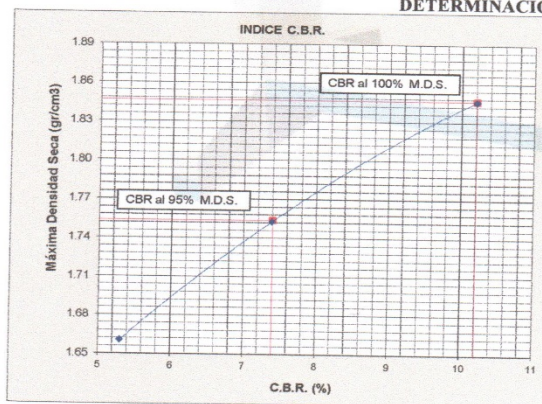


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 7.4



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 5.3

DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. : 1.754

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	10.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 01"	7.4 %

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reategui Vasquez
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Romel Ramirez Reategui
 C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
 email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 22: Proctor Modificado con adición de PET al 6%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Calicata N° : Mejoramiento 6%

Profundidad: 1.50 m.

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

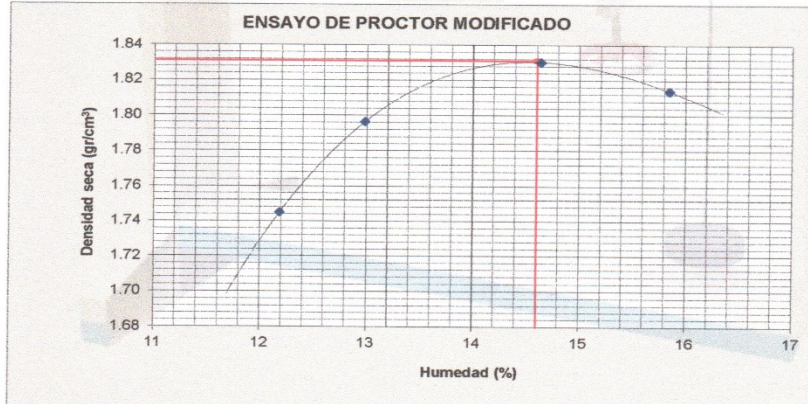
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5860	5928	5993	5996
Peso molde (gr.)	4006	4006	4006	4006
Peso suelo compactado (gr.)	1854	1922	1987	1990
Volumen del molde (cm ³)	947	947	947	947
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.958	2.030	2.098	2.101

Humedad (%)

Tara N°	13	28	19	13
Tara + suelo húmedo (gr.)	190.01	194.77	176.50	164.10
Tara + suelo seco (gr.)	173.41	176.57	158.70	146.60
Peso de agua (gr.)	16.60	18.20	17.80	17.50
Peso de tara (gr.)	37.20	36.40	37.10	36.15
Peso de suelo seco (gr.)	136.21	140.17	121.60	110.45
Humedad (%)	12.19	13.0	14.6	15.8
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.745	1.796	1.830	1.814

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.831
Optimo Contenido de Humedad (%) : 14.6



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reátegui Vasquez
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Romel Ramírez Reátegui
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 23: Relación de Soporte de California (CBR) con adición de PET al 6%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad)

Muestra : Mejoramiento 6%

Profundidad : 1.50 m.

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

Máxima Densidad Seca : 1.831 gr/cm³

Optimo Contenido de Humedad : 14.6 %

Compactación

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	10
Peso suelo + molde (gr.)	14875	14757	14372
Peso molde (gr.)	8128	8340	8310
Peso suelo compactado (gr.)	6747	6417	6062
Volumen del molde (cm ³)	3233	3245	3236
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.087	1.978	1.873

Humedad (%)

Tara N°	7	21	13
Tara+suelo húmedo (gr.)	165.13	198.44	181.14
Tara+suelo seco (gr.)	149.00	177.10	162.90
Peso de agua (gr.)	16.13	21.34	18.24
Peso de tara (gr.)	36.40	36.60	37.10
Peso de suelo seco (gr.)	112.60	140.50	125.80
Humedad (%)	14.3	15.2	14.5
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.825	1.717	1.636


Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		3.50	1.17	2.80	0.88	2.60	0.80
1.27		6.00	2.21	5.00	1.80	4.70	1.67
1.91		9.50	3.67	7.40	2.80	6.60	2.46
2.54	70	13.15	5.19	9.96	3.86	8.40	3.21
3.81		17.00	6.80	13.00	5.13	11.20	4.38
5.08	104	22.00	8.88	17.00	6.80	13.00	5.13
6.35		25.00	10.13	20.60	8.30	14.40	5.71
7.62		28.00	11.38	23.20	9.38	15.00	5.96
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
1	0	0	0
2	300	360	400
3	400	460	490
4	460	500	540
5	480	540	570
	3.78	4.25	4.49

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC
Miguel A. Reátegui Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO


Ing. Ronald Ramírez Reategui
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalación N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

Anexo 24: Relación de Soporte de California (CBR) con adición de PET al 6%



PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES J.R. SAC

Estudio de Suelos, Concreto, Asfalto (Edificaciones, Saneamiento, Carreteras, Electrificación),
Proyectos de Habilitación Urbana, Tasaciones, Alquiler de Equipos y Topografía.

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

Proyecto : "Diseño de una subrasante, aplicando plástico reciclado PET para mejorar la capacidad de carga, del Sector Santa Ana 2020"

Material : Suelo Tipo CL ó (Arcilla inorgánica de Baja Plasticidad)

Calicata N° : Mejoramiento 6%

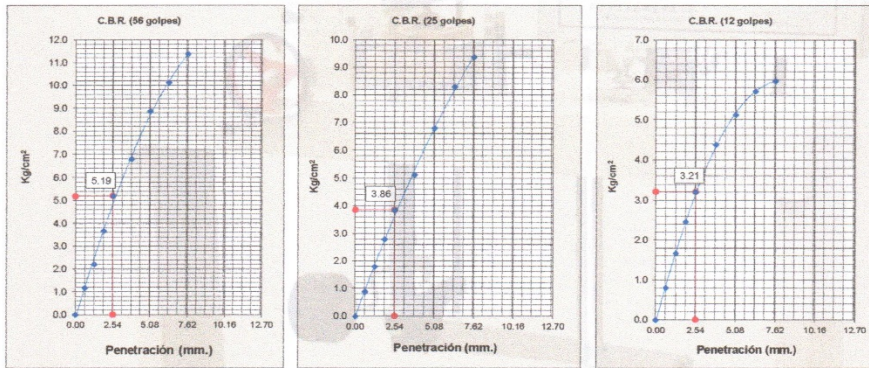
Profundidad : 1.50 m.

Fecha : Octubre del 2020

Tesistas : **Frans González Portocarrero**
Alexi Remil Lozano Rengifo

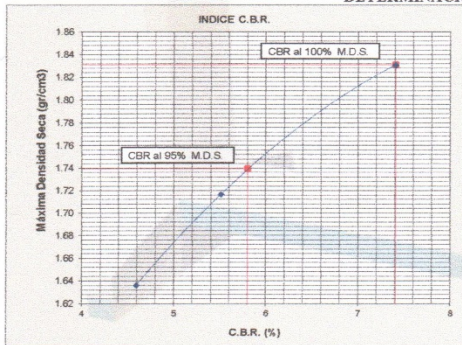
Máxima Densidad Seca : 1.831 gr/cm³

Óptimo Contenido de Humedad : 14.6 %



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 7.4 C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 5.5 C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 4.6

DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. : 1.739

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	7.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	5.8 %

PROYECTOS & SERVICIOS GENERALES S.A. S.C.
Miguel A. Reátegui Vasquez
TEC. LABORANTISTA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Ing. Ronald Ramírez Reategui
C.I.P. N° 73439

Av. Circunvalacion N° 2332-Tarapoto, Ruc. 20542370140, Celular: 984398392, 955757718
email: proyectosyserviciosgeneralesjrsac@hotmail.com

PANEL FOTOGRAFICO



Foto 01: Levantamiento topográfico de la progresiva 0+850



Foto 02: Excavación de la calicata 02 en la progresiva 0+500



Foto 03: calicata 01 en la progresiva 0+000



Foto 04: calicata 02 en la progresiva 0+500



Foto 05: calicata 03 en la progresiva 1+000



Foto 06: Colocación de la muestra natural en la estufa por 24 horas.



Foto 07: Muestra con adición de PET al 2%



Foto 08: Muestra con adición de PET al 4%



Foto 09: Muestra con adición de PET al 6%



Foto 10: Ensayo de Proctor Modificado con adición de PET



Foto 11: Preparación de la muestra para inmersión durante 5 días



Foto 12: Tesistas